



Vers une production de biomasse dédiée à l'énergie dans le sud de la Basse-Terre

Eléments économiques : état des lieux et marges à générer pour rendre la spéculation attrayante pour l'agriculteur

Maurice BILIONIERE

Directeur de Mémoire : Monsieur Patrice BORDA
Maître de Conférences à l'UAG

Co-Directeur de Mémoire : Monsieur Jean-Louis
CHOPART
Chef du Projet Cann'elec

REMERCIEMENTS

Je tiens à débiter ce Mémoire en remerciant tous ceux qui ont contribué à sa rédaction. Si ces remerciements peuvent paraître académiques, pour moi ils relèvent plus du bon sens car il faut savoir être reconnaissant envers ceux qui contribuent à l'enrichissement de vos connaissances et de votre personne tout court.

Mes remerciements s'adressent premièrement à Monsieur CHOPART qui est mon encadrant de stage au sein de la station ROUJOL du CIRAD. Que dire de lui si ce n'est qu'il a tout simplement été formidable ? Malgré toutes ses responsabilités en tant que chef de projet et ses allers-retours entre son bureau du FROMAGER et celui de ROUJOL, il a toujours été là pour m'apporter de sa clairvoyance. Il m'a souvent conseillé dans mes recherches et mes travaux. Je me souviens de ces longs après-midi passés dans son bureau à discuter de l'avancée du stage où à corriger les travaux réalisés. A aucun moment il n'a refusé de m'aider alors même qu'il avait ses propres préoccupations. Aujourd'hui, je sais déjà que les conseils qu'il m'a apportés ne pourront que m'être bénéfiques par la suite. Pour toutes ces raisons, je vous adresse un grand MERCI.

Je voudrais également remercier Monsieur MONTAUBAN car sans lui je ne serais sûrement pas là où je suis aujourd'hui. Le jour où il m'a soumis cette proposition de stage au CIRAD avec des perspectives de plus long terme, j'ai tout de suite su que je recevais de sa part le plus beau cadeau qu'un enseignant puisse faire à un de ses étudiants. Je dirais même plus, qu'un père puisse faire à un de ses fils car, un jour Monsieur MONTAUBAN a dit qu'il se considérait plus comme un père pour les étudiants. Et bien aujourd'hui je suis très fier d'être un de ses fils. J'espère pouvoir encore évoluer à ses côtés durant de nombreuses années en faisant de mon mieux pour ne jamais le décevoir.

Comment évoquer Monsieur MONTAUBAN sans parler de Monsieur BORDA et Monsieur MAURIN ? Monsieur BORDA a été présent pour moi au cours de la rédaction de mon Mémoire pour me conseiller sur les techniques de recherches à adopter afin d'aborder le sujet plutôt innovant dont il est question. Je le remercie pour avoir trouvé du temps à me consacrer malgré tous ses engagements. Concernant Monsieur MAURIN, même s'il n'a pas été impliqué directement dans la rédaction de ce Mémoire, je le remercie pour ce qu'il représente à mes yeux. Son influence sur mes connaissances est indéniable au bout de cinq années passées à ses côtés. D'ailleurs, à l'issue de ces cinq années de formation universitaire, je tiens à remercier de façon générale tous les autres enseignants qui ont contribué à l'enrichissement de

mes connaissances. Je pense en particulier à Monsieur VERDOL, Monsieur SAAD, Monsieur RABOTEUR, Monsieur GANANCIA, Monsieur MACDISSI (Je m'excuse pour ceux que j'ai oublié).

Je souhaiterais également remercier les chercheurs du CIRAD et le personnel administratif de la station ROUJOL qui ont été formidables et m'ont bien intégrés au sein de leur équipe. Je n'oublie pas également les chercheurs du CIRAD situé à MONTPELLIER. Je pense à Monsieur BACHELIER mais également à Monsieur FUSILLIER et Madame LEJARS qui m'ont accordé du temps pour la consultation et la correction de mes travaux et ce, malgré la distance qui nous sépare. Je conçois qu'il est très difficile de suivre des travaux à distance et je les remercie en conséquence pour cela.

Un grand merci à Monsieur GUICHARD avec qui malheureusement je n'ai pas beaucoup échangé mais qui n'a pas hésité à me proposer des corrections et à me conseiller sur certains aspects des travaux réalisés. De nouveau, je sais que la distance ne facilite pas forcément les échanges mais dès que je lui ai demandé des renseignements il m'a toujours répondu très rapidement et m'a toujours fait comprendre qu'il serait disponible en cas de besoin. Merci également à Monsieur MIRRE pour sa volonté manifeste de me communiquer des informations qualitatives très pertinentes et très utiles à l'enrichissement de mes connaissances. Il a su répondre à mes demandes tout comme Monsieur SAINT-ALARY à qui j'adresse de très sincères remerciements pour son sens de l'accueil et sa pédagogie.

Je tiens à remercier vivement le centre de recherche de l'INRA et plus particulièrement Monsieur BLAZY qui s'est montré très intéressé par mes travaux et a été là pour moi quand il le fallait.

Au cours de la réalisation de mes travaux, j'ai pu côtoyer des professionnels exceptionnels qui m'ont fournis des informations aussi quantitatives que qualitatives. Certaines des données qu'ils m'ont fournies ont fortement contribué à la rédaction de ce Mémoire. Sur le plan humain, ce sont vraiment de belles personnalités avec qui j'ai eu du plaisir à échanger. Je pense à Monsieur DESPLAN, Monsieur HERY, Monsieur CADRO, Monsieur ROUXEL, Monsieur GITRAS, Madame CURIER, Madame WAGNER, Madame JULES et Mademoiselle KODADAY.

Je n'oublierais certainement pas de remercier ma famille qui m'a soutenu pendant ces cinq années universitaires. Elle a toujours été là à mes côtés et j'ai beaucoup puisé de notre cohésion pour faire face aux obstacles qui se présentaient à moi. Merci DADA, PARRAIN, JEANLY et MARLYSE, c'est grâce à vous si je suis arrivé jusqu'ici aujourd'hui, grâce à

l'éducation, grâce à l'attention et grâce au suivi scolaire que j'ai reçu. Pour cela je vous serais toujours reconnaissant. J'espère que nous entretiendrons les mêmes relations encore de nombreuses années. On ne change pas une équipe qui gagne.

Merci à EMILIE, KEVIN, MARC, JULIE, LUDOVIC, LUCINDA, MASCA, GERALD, VERO, DAMIEN, YANNIS, LIONEL, AURELIEN, JENNIFER, NEMI, tous des amis extraordinaires que j'ai côtoyé au cours de mon parcours universitaire. Certains ont continué leurs études en France, d'autres sont restés en Guadeloupe mais une chose est sûre, je n'oublierais jamais aucun d'eux. Tous les moments que nous avons partagés sont gravés. Bonne chance à tous. Je tiens quand même à adresser de plus vives remerciements à EMILIE qui a toujours été là pour moi, tu es admirable ; KEVIN également qui ne m'a jamais refusé son aide, toujours partant pour aider les autres, il est vraiment extraordinaire et il suffit d'avoir côtoyé sa famille pour savoir que c'est héréditaire. Je n'oublie pas MARC avec qui j'espère partager encore des moments formidables. Tu es vraiment un battant. Tous les quatre nous sommes un groupe soudés à jamais je l'espère.

Hors de l'Université je tiens à remercier trois amis qui sont pour moi aujourd'hui comme des frères : GUILLAUME, ALIK et CEDRIC. De même pour KINDY. Je serais toujours là pour vous, comme vous l'avez toujours été pour moi.

Merci également à tous ceux que j'ai oublié. Si je devais citer tous les noms il aurait sûrement fallu un Mémoire tout entier. Je m'excuse très sincèrement. Un grand MERCI à tous.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	2
INTRODUCTION.....	7
LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES.....	9
 <i>I- Pourquoi des recherches sur l'émergence d'une future filière canne-énergie en Guadeloupe ?.....</i>	 <i>13</i>
1- LA GESTATION ET L'ACTUALITE DU PROGRAMME DE RECHERCHE CANN'ELEC	14
1-1. Un volet économique et social.....	14
1-2. Un volet énergétique.....	15
1-3. Un volet environnemental.....	15
 2- UN PROGRAMME QUI REpond A DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES, ENERGETIQUES ET ECONOMIQUES.....	 16
2-1. Les problèmes environnementaux liés au Chlordécone et aux émissions de gaz à effet de serre.....	16
2-2. Evolution attendue de la consommation électrique et du potentiel de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020.....	23
2-3. Les difficultés rencontrées par la filière canne-sucre-rhum.....	32
 3- LOCALISATION DES BASSINS POTENTIELS POUR LA NOUVELLE FILIERE CANNE-ENERGIE	 36
3-1. Les surfaces agricoles dans la zone sud Basse-Terre.....	36
3-2. La mécanisation des surfaces agricoles.....	38
3-3. Les surfaces potentiellement disponibles pour le projet	39
3-4. Conséquences et hypothèses.....	40
 <i>II- Les principales différences entre la filière canne actuelle et la future filière canne-énergie en termes de caractéristiques énergétiques et de prix d'achat.....</i>	 <i>45</i>
1- L'UTILISATION DES RESIDUS DE LA FILIERE CANNE ACTUELLE	47
1-1. La bagasse comme combustible.....	47
1-2. Valorisation de la mélasse sous forme d'éthanol.....	51
1-3. Méthanisation de la vinasse.....	53

2- LA CANNE-ENERGIE : PASSE ET PRESENT	54
2-1. <i>Les résultats du projet Hatillo mené à Porto Rico.....</i>	54
2-2. <i>Les données agronomiques actuelles.....</i>	56
 3- CALCUL DU REVENU GENERE PAR UN HECTARE DE CANNE-A-SUCRE DANS LA ZONE SUD BASSE-TERRE.....	58
3-1. <i>Les produits liés à la production de la canne-à-sucre.....</i>	59
3-2. <i>Les charges liées à la production de canne-à-sucre.....</i>	62
3-3. <i>La marge directe.....</i>	64
 4- CALCUL D'UN PRIX D'ACHAT DE LA CANNE-FIBRE AVEC DES HYPOTHESES D'EGALITES DU REVENU ANNUEL MOYEN ET DU RENDEMENT DE LA CANNE-A-SUCRE.....	65
4-1. <i>Détermination d'un prix d'achat de la canne-fibre.....</i>	65
4-2. <i>Comparaison du revenu de la canne-à-sucre et de la canne-énergie selon plusieurs scénarios.....</i>	69
 CONCLUSION GENERALE.....	76
BIBLIOGRAPHIE.....	79

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays producteurs de canne-à-sucre, la canne est utilisée principalement à des fins alimentaires pour la production de sucre et de rhum. Néanmoins, face au besoin croissant des sources d'énergies alternatives aux énergies fossiles jugées trop polluantes, certaines catégories de biomasse, comme la canne, se voient détourner de leur utilisation première. En effet, ces dernières années, la canne a été de plus en plus utilisée à des fins énergétiques. Au Brésil par exemple, elle sert pour la production d'éthanol. De fait, ce pays est le 1^{er} producteur mondial d'éthanol issu de la canne-à-sucre en 2009 avec 24 900 ML (Milliards de Litre) ce qui représente 32% de la production mondiale pour ce type d'éthanol. Les sous-produits de la canne telles que la bagasse, la mélasse ou la vinasse peuvent également être transformés au cours de procédés industriels, soit en chaleur, vapeur ou encore biogaz. Sous ces formes, ils peuvent servir à la production d'électricité ou de biocarburants. Concernant plus particulièrement la Guadeloupe, les résidus issus de la production du sucre, essentiellement la bagasse et la mélasse, et ceux issus de la production du rhum, la bagasse et la vinasse, sont employés pour la production d'énergie thermique et électrique (exemple de la Centrale Thermique du Moule (CTM) utilisant la bagasse et le charbon, de la centrale bagasse de Marie-Galante, de la distillerie Bologne (bagasse),...). Ceci étant, l'utilisation de la canne ne s'arrête pas là.

En parallèle des processus industriels très répandus apparaissent certaines ambitions énergétiques visant à faire de toute la canne une source d'énergie renouvelable (utilisation à des fins exclusivement énergétiques). Pour répondre à ce nouvel enjeu, certaines variétés de cannes, moins riches en sucre et plus fibreuses, ont été mises à l'étude et cultivées à des fins énergétiques. Vers les années 80, ces types de canne ont été plantés à Porto Rico¹ et aujourd'hui encore, certaines sont testées aux Etats-Unis². Les variétés de canne en question ont été appelées pour l'occasion « canne-énergie », « canne-combustible » ou encore « canne-fibre ». Malgré les tests effectués à ce jour, le principe de la canne-énergie est très peu utilisé à l'heure actuelle. Cependant, cette tendance pourrait s'inverser avec l'avènement de certains projets y faisant référence. C'est le cas notamment en Guadeloupe avec le programme Cann'elec (ou l'électricité verte). Ce présent Mémoire sera donc consacré à la présentation d'une biomasse dédiée à l'électricité.

¹“The energy cane alternative to sugar planting”, A.G. Alexander, 1983, Institute of Gas Technology ETATS-UNIS, page 185.

²www.hayandforage.com, “From Sugar Cane To Energy Cane As BiomassCrop”, 2009, site visité le 20 Avril 2011 à 9h45.

Le programme Cann'elec a pour objectif de trouver les méthodes les plus appropriées pour produire de l'électricité à partir d'une canne cultivée spécifiquement à cet usage. Il nécessite l'émergence d'une nouvelle filière agricole et la construction de centrales électriques à l'horizon 2016-2017. Dès 2008, un certain nombre d'interrogations d'ordre foncières, sociales, environnementales, énergétiques et économiques ont accompagné la mise en place de ce programme. Au cours de ce Mémoire, nous reviendrons, dans une première partie, sur ces différents aspects afin de les actualiser par rapport au contexte de 2011. A cette fin, nous rappellerons dans un premier temps les raisons qui ont motivées les recherches sur l'émergence d'un projet de recherche Cann'elec en 2008. Il sera question d'aborder sur un plan macroéconomique les aspects énergétiques, environnementaux et économiques. D'autre part, nous évoquerons la problématique des surfaces potentiellement disponibles pour le développement de la canne-énergie. Dans une seconde partie, nous présenterons, ensuite, les principales caractéristiques énergétiques propres à la filière canne-à-sucre d'une part et à la filière canne-énergie d'autre part. Ceci aura pour but de faciliter la distinction entre les deux filières en soulignant le côté innovant de la filière canne-énergie. Le dernier point consistera à calculer le revenu de la canne-à-sucre afin de calculer un prix d'achat pour la canne-fibre et ainsi procéder à diverses comparaisons en termes de revenus.

LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES

- Tableau 1** : *Part sectorielle de l'électricité dans les énergies finale à l'horizon 2020 (scénario tendanciel) (Données PRERURE).....p. 25*
- Tableau 2** : *Potentiel de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020 selon les scénarios (PRERURE).....p. 26*
- Tableau 3** : *Répartition des surfaces agricoles entre la canne-à-sucre, la banane et la jachère en ha/commune du sud Basse-Terre (données issues du parcellaire 2007 d'AGRIGUA excepté pour la canne-à-sucre et la commune de Capesterre Belle-Eau pour qui les données ont été actualisées selon les services de l'Etat).....p. 34*
- Tableau 4** : *Comparatif de la répartition des surfaces agricoles en zone sud Basse-Terre entre la canne-à-sucre, la banane et la jachère avec ou sans les cannes de distilleries selon un scénario bas et un scénario haut.....p. 37*
- Tableau 5** : *Principaux pays producteurs de sucre dans le monde (2003) (Données de la FAO, tableau issu de l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004).....p. 44*
- Tableau 6** : *Composition de la bagasse (Source : Food Market Exchange, Gollakota & Sobhanbabu (2002) et Ribeiro ; tableau consulté dans l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004).....p. 47*
- Tableau 7** : *Composition moyenne de la mélasse (Tableau issu de l'étude « Economies d'énergie : utilisation de la bagasse dans l'industrie sucrière », Sucrivoire).....p. 49*
- Tableau 8** : *Rendement en t/ha de la PR 980 témoin, de la canne-énergie PR 980 et de l'US 62-22-2 à 12 et 18 mois lors du projet Hatillo (Porto Rico) (données en « acres » de l'étude « The production of energy cane in Puerto Rico : The Hatillo project » (George Samuels, Alex G. Alexander, C. Rios and M. Garcia) converties en « hectare ». La moyenne a été calculée à partir de cette même étude).....p. 52*
- Tableau 9** : *Production de matières sèches pour la PR 980 témoin, de la canne-énergie PR 980 et de l'US 62-22-2 à 12 et 18 mois lors du projet Hatillo (Porto Rico) (données en « acres » de l'étude « The production of energy cane in Puerto Rico : The Hatillo project » (George Samuels, Alex G. Alexander, C. Rios and M. Garcia) converties en « hectare ». La*

moyenne a été calculée à partir de cette même étude).....p. 53

Tableau 10 : *Comparaison de la composition chimique d'une canne cultivée pour le sucre et de diverses variétés de canne cultivée pour la fibre (Source : Rao, 2007 ; Giamalva et al. 1984 ; Clarke et Giamalva, 1986 ; Clarke et Keenlside, 1986 ; tableau consulté dans l'« Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe, Partie I : Situation initiale », de C. Lejars et D. Pouzet (2008)).....p. 54*

Tableau 11 : *Produits de la canne-à-sucre pour un prix payé par l'usine de 26,42€/tc (RS 7%).p. 57*

Tableau 12 : *Tableau d'amortissement de la canne-à-sucre (€/ha).....p. 59*

Tableau 13 : *Charges de la canne-à-sucre (RS 7%).....p. 60*

Tableau 14 : *Marge directe de la canne-à-sucre pour un prix de 69€/ tc (26,42€/ tc payé par l'usine (RS 7%) et 43€/tc d'aides publiques en vigueur pour la campagne 2010).....p. 61*

Tableau 15 : *Produits de la canne-fibre pour un prix d'achat de 55€/t de MF et un Rdt annuel moyen supérieur à celui de la canne-à-sucre, soit 130t/ha.....p. 64*

Tableau 16 : *Charges de la canne-fibre pour un coût de transport de 5,77€/tc (0-8 km du centre).....p. 65*

Tableau 17 : *Calcul de la marge directe de la canne-à-sucre pour un prix de 69€/ tc et des éléments de coûts des systèmes de production de la Basse-Terre (Guadeloupe).....p. 66*

Tableau 18 : *Ajustement de la marge directe de la canne-fibre pour arriver à une marge directe égale à celle de la canne-à-sucre (3500€) avec une hypothèse de rendements de 130t/ha et la réduction des distances (0-8 km) et donc des coûts de transport.....p. 66*

Tableau 19 : *Marges directes de la canne-fibre pour un prix de 55€/t de MF en fonction des rendements comparées à la marge directe de la canne-à-sucre pour un rendement de 98t/ha.p. 67*

Tableau 20 : *Variation des charges dont le coût de transport en fonction du rendement et un prix de la canne-fibre fixé à 55€/t de MF.....p. 70*

Graphique 1 : *Les sols potentiellement contaminés au Chlordécone au sud Basse-Terre (Source DAAF).....p. 14*

Graphique 2 : <i>Part des énergies dans la production d'électricité (Données PRERURE)</i>	p. 22
Graphique 3 : <i>Production électrique par catégorie d'EnR (Données PRERURE)</i>	p. 22
Graphique 4 : <i>Consommation électrique par secteur (Données PRERURE)</i>	p. 24
Graphique 5 : <i>Système électrique guadeloupéen en 2020 (en GWh) (Scénario tendanciel) (Données PRERURE)</i>	p. 28
Graphique 6 : <i>Système électrique guadeloupéen en 2020 (en GWh) (Scénario volontariste) (Données PRERURE)</i>	p. 28
Graphique 7 : <i>Répartition de la sole cannière en Guadeloupe en ha/commune (Source: Agreste- Recensement agricole 2000)</i>	p. 29
Graphique 8 : <i>Surfaces cannières pour l'ensemble de la Guadeloupe (DAAF et Chambre Agriculture)</i>	p. 30
Graphique 9 : <i>Fluctuations de la production de canne-à-sucre (DAAF)</i>	p. 31
Graphique 10 : <i>Production de sucre en tonne et de rhum en Hectolitres d'Alcool Pur (HAP) pour la Guadeloupe</i>	p. 32
Graphique 11 : <i>Subventions de la filière canne à la Guadeloupe (DAAF)</i>	p. 32
Graphique 12 : <i>La zone sud Basse-Terre</i>	p. 34
Graphique 13 : <i>Aptitude à la mécanisation du parcellaire agricole principal (déclarations 2007)</i>	p. 36
Graphique 14 : <i>Répartition spatiale des 1870 ha de surfaces agricoles de la commune de Capesterre Belle-Eau (Tableau 3). La répartition spatiale est issue de sources diverses (services de l'Etat, association)</i>	p. 39
Graphique 15 : <i>Processus de fabrication du sucre et de l'énergie à partir de la bagasse (Source « Food Market Exchange et S. Pickering (2000), graphique emprunté à l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004)</i>	p. 46
Graphique 16 : <i>Processus de production de l'énergie à partir de la bagasse (Graphique issu de l'étude « Bagasse Cogeneration – Global review and potential », A. Morand, WADE, Juin 2004)</i>	p. 48
Graphique 17 : <i>Synthèse des produits de la canne-à-sucre</i>	p. 58
Graphique 18 : <i>Synthèse des charges de la canne-à-sucre</i>	p. 61

Graphique 19 : *Prix d'achat potentiel de la canne-fibre garantissant un même niveau de revenu que celui de la canne-à-sucre (3500€/ha/an), en fonction du niveau de rendement compris entre 130 et 180t/ha.....p. 64*

Graphique 20 : *Ecart de revenus entre la canne-fibre et la canne-à-sucre avec deux niveaux de rendements (98t/ha et 120t/ha) et un prix fixe de 69€/tc pour la canne-à-sucre et un prix fixe de 55€/t et des rendements variables pour la canne-fibre.....p. 68*

Graphique 21 : *Rentabilité de la canne-fibre par rapport à la canne-à-sucre en fonction du prix à la tonne et de différents niveaux de rendements pour la canne-fibre et d'un prix de 69€/tc et de 98t/ha pour la canne-à-sucre.....p. 69*

Graphique 22 : *Ecart de coût de transport entre la zone 1 et la zone 3 en fonction du niveau de rendement de la canne-fibre compris entre 130 et 180t/ha de MF.....p. 70*

I- Pourquoi des recherches sur l'émergence d'une future filière
canne-énergie en Guadeloupe ?



Cette partie aura pour objectif, tout d'abord, de présenter les généralités du projet Cann'élec. Il s'agit plus précisément des acteurs concernés mais aussi des retombées potentielles en matière économique, sociale et environnementale. Nous présenterons dans les détails les aspects énergétiques, environnementaux et économiques plutôt favorables à la mise en place d'une filière canne-énergie. Ensuite, nous aborderons un autre aspect essentiel du projet qui est la disponibilité des surfaces pour l'implantation de la canne-fibre. A cette fin, nous essaierons de fournir des informations précises et concises sur la localisation et la superficie des surfaces agricoles potentiellement disponibles pour le développement de la canne-énergie.

1- La gestation et l'actualité du programme de recherche Cann'élec

La présentation réalisée ici provient exclusivement du document officiel « Programme Cann'élec » publié en Juillet 2009 par le CIRAD et IRIS Ingénierie. Actuellement en phase de recherche, le programme Cann'élec nécessite des interconnexions entre spécialistes du CIRAD pour la recherche et de la SARL IRIS Ingénierie pour la partie industrielle. Cette liste n'est pas exhaustive car suivant l'avancée du projet, d'autres acteurs pourront y être intégrés de près ou de loin. Ce projet est perçu comme un *«concept agro-énergétique visant à concevoir et à promouvoir une filière de production d'électricité à partir de biomasse cultivée spécifiquement à cet usage »*. Dans ce document, à l'horizon 2016-2017, il est envisagé de construire 3 à 4 centrales d'une puissance continue nette de 10 MW dans la zone sud Basse-Terre. Ces centrales devraient être en mesure de produire annuellement 200 à 210 GWh en utilisant une surface allant de 3500 à 4000 hectares ; une centrale occupant en moyenne une surface de 1100 hectares. En 2010, selon les données EDF, la production électrique s'est élevée à 1730 GWh (section 1-2.), ce qui voudrait dire que les 3 à 4 centrales envisagées dans le cadre du Projet Cann'élec pourraient couvrir annuellement un peu plus du 1/10^{ème} des besoins en électricité de l'île. D'emblée, il est précisé que ce projet ne devrait pas être perçu comme une activité concurrente de la canne-à-sucre. Il est question de mieux maîtriser le système énergétique guadeloupéen, de réduire la pollution atmosphérique ou de recycler les terres polluées au chlordécone, pour ne citer que quelques-uns des objectifs. De plus, ses objectifs permettraient de répondre à d'autres objectifs fixés lors du Grenelle de l'Environnement qui stipulent que les DOM devraient utiliser au moins 50% d'énergies renouvelables à l'horizon 2030 (article 49).

1-1. Un volet économique et social

Il est prévu que les centrales électriques engendrent des revenus directs et indirects. Les revenus directs sont rattachés à leur fonctionnement. Une centrale devrait dégager un chiffre d'affaire annuel de 12 millions d'euros. Pour générer ce chiffre et être compétitive, il faudrait

en théorie que le prix du MWh fourni par les centrales soit proche de celui du mix énergétique de la Guadeloupe, soit de 210/220€/MWh (données 2011). Les revenus indirects sont, quant à eux, rattachés à la construction des centrales. Les investissements nécessaires ont été chiffrés entre 40 et 50 millions d'euros pour la construction d'une seule centrale, ce qui ferait au total entre 120 et 150 millions pour trois centrales. Ces revenus seraient répartis entre les sociétés de génie civil, la tuyauterie, l'électricité,... En plus de ces revenus, 50 à 60 emplois devraient être créés de façon directe ou indirecte pour la sous-traitance ou encore l'entretien des unités.

1-2. Un volet énergétique

Actuellement, la production électrique de la Guadeloupe est étroitement liée aux énergies fossiles. Sur les 434 MW de puissance installée, seuls environ 66 MW (soit 15%) proviennent des énergies renouvelables. Le principal producteur est l'usine EDF de Jarry qui fournit les 1300 GWh délivrés au réseau en 2010. Dans une perspective d'augmentation de la consommation électrique (jusqu'à 2350 GWh en 2020 selon le scénario médian d'EDF) et d'indépendance énergétique, il faudrait augmenter de façon significative les capacités de production des énergies renouvelables pour répondre à la demande.

1-3. Un volet environnemental

Le choix d'installer les centrales et les plantations de canne-énergie dans la zone Sud Basse-Terre répond à une problématique environnementale qui est celle de la contamination des terres par la chlordécone. En effet, il serait intéressant de développer un projet non-alimentaire sur ces terres contaminées, même si à terme ce dernier pourrait avoir une plus grande portée. Dans ce contexte, il ne faudrait pas que le pesticide soit transmissible à la nouvelle canne-énergie (ce qui n'est pas encore très bien quantifié). Dans un autre registre, le programme Cann'elec pourrait également contribuer à la réduction des gaz à effet de serre (GES). Toujours sur la base d'une production électrique de 210 GWh, ce ne sont pas moins de 210 000 tonnes de CO₂ qui seront économisés dans le cas du charbon et 160 000 dans le cas du fuel lourd. Cette réduction est rendue possible par le cycle de croissance de la biomasse canne qui rejette à peu près autant de CO₂ lors de sa combustion qu'elle en absorbe lors de sa croissance.

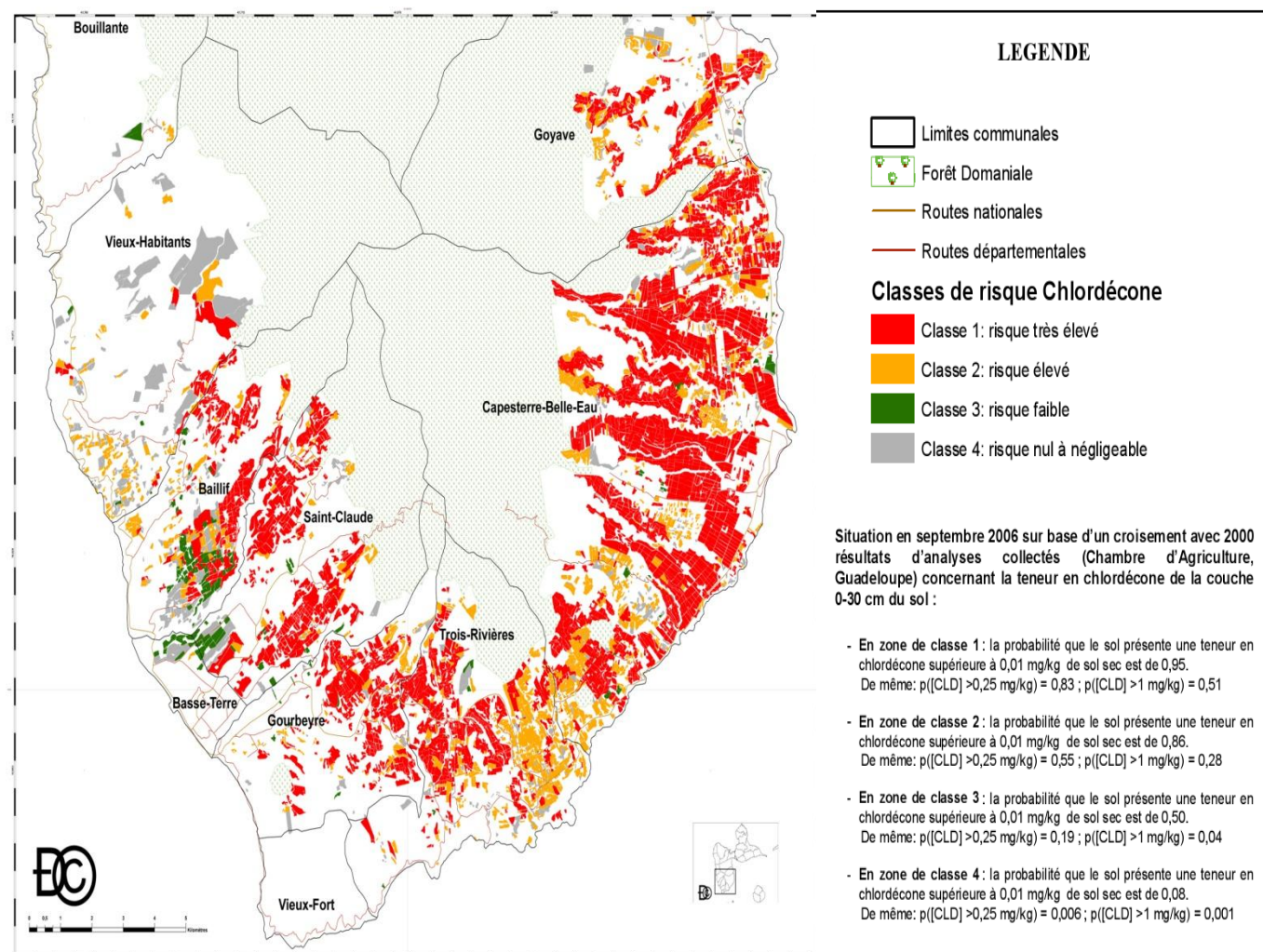
A cette présentation théorique du programme doit succéder une approche plus empirique. Les chiffres qui ont été présentés dans le volet économique devraient faire l'objet d'un approfondissement ultérieur concernant leur méthode de détermination. La section suivante nous permettra d'approfondir les aspects énergétiques et environnementaux.

2- Un programme qui répond à des contraintes environnementales, énergétiques et économiques

2-1. Les problèmes environnementaux liés au Chlordécone et aux émissions de gaz à effet de serre

Comme nous avons pu le constater précédemment, sur le plan environnemental, l'une des raisons de la mise en place du programme Cann'élec, est la reconversion des terrains pollués au chlordécone. Ce pesticide a été utilisé par les producteurs de banane en Guadeloupe et en Martinique entre 1981 et 1993 pour le traitement des bananiers contre le charançon (ou ver du bananier). Ce polluant organique persistant et rémanent dans les sols s'est avéré toxique pour l'Homme. Son utilisation a été interdite depuis 1979 aux Etats-Unis mais seulement en 1993 en France. Malgré cette interdiction officielle, les pratiques ont continué au moins jusqu'en 2002 où des tonnes de chlordécone ont été retrouvées dans une bananeraie à la Martinique. De nombreux rapports comme celui publié en 1977 par SNEGAROFF font état d'une pollution des sols des bananeraies mais également des milieux aquatiques environnants. Les eaux de rivières qui ont été testées, possédaient des taux de chlordécone anormaux. Durant les années suivantes, un nouveau rapport, le rapport KERMARREC (1979-1980) vient appuyer ces résultats en soulignant l'accumulation dans l'environnement de substances organochlorées. La contamination des eaux provoquerait des symptômes d'empoisonnement chez certaines espèces de poissons, de crabes et de crevettes pour qui la concentration de chlordécone est respectivement de 0,82, 0,60 et 1,30 mg/kg³. Une carte représentant les sols potentiellement pollués au chlordécone, permet de situer ceci en Basse-Terre et pourra servir d'élément de choix des sites à cultiver en canne-énergie (Graphique 1).

³ « Niveau actuel de la contamination des chaînes biologiques en Guadeloupe : pesticides et métaux lourds », A.Kermarrec et al., 1980.



Graphique 1 : Les sols potentiellement contaminés au Chlordécone au sud Basse- Terre

Source : DAAF

La prédominance des zones de risque élevé à très élevé indique des possibilités de contamination même si les effets exacts du pesticide sur la santé humaine sont encore mal connus. Certains spécialistes sont d'accord pour lui attribuer un impact certain sur la santé, d'autres pas. Le Dr Belpomme (cancérologue) fait partie de ceux qui pensent que la chlordécone constitue une menace réelle pour la santé. En 2007, il a publié un rapport plutôt inquiétant estimant que le taux des cancers de la prostate était majeur aux Antilles. Il suggère la liaison entre ce taux et l'utilisation massive de pesticides depuis un certain nombre d'années, qualifiant même la situation de « désastre sanitaire ». Suite à cette publication, le Dr Belpomme essuiera quelques critiques sur son manque de rigueur scientifique. L'Institut de Veille Sanitaire, entre autres, va contredire ses propos car il n'y a « aucune preuve scientifique » sur le risque sanitaire. Le Dr Belpomme reviendra lui-même sur ses déclarations disant qu'il n'y a pas de désastre sanitaire et que la chlordécone n'est pas en cause dans l'augmentation des cancers. Entre-temps, un autre rapport viendra pourtant confirmer les

conclusions du rapport Belpomme. Il est l'œuvre cette fois du Pr Luc Multigner et de son équipe. Ces derniers trouvent un lien significatif entre le cancer de la prostate en Guadeloupe et le pesticide en question. Selon eux, la probabilité de cancer de la prostate est augmentée chez les sujets ayant des concentrations sanguines supérieures à $1\mu\text{g/l}$ de chlordécone dans le sang⁴. Les divergences de point de vue traduisent toutes les incertitudes actuelles autour de la problématique. L'exposition chronique pourrait être à l'origine du risque de contamination avec notamment la consommation des légumes racines (dachine ou madère, malanga, igname, patate douce, manioc) pour qui la chlordécone migre directement vers les racines et des Cucurbitacées (giraumon, pastèque, melon, concombre, courgette). En revanche, il n'a pas été établi de risque de contagion vers l'ananas, la plupart des fruits d'arbres, la christophine, la banane, pour qui « *les bulbes se contaminent fortement, plus que les tiges, les feuilles contiennent peu de chlordécone, qui n'est plus quantifiable dans la pulpe des fruits* »⁵.

Outre les problèmes liés à la chlordécone, ou même aux déchets, la Guadeloupe est confrontée à un autre défi environnemental dont on parle peu, celui des émissions de GES. Cette problématique a été développée au sein du Plan Energétique Régional Pluriannuel de Prospection et d'Exploitation des Energies Renouvelables et d'Utilisation Rationnelle de l'Energie de la Guadeloupe (PRERURE⁶). Ce dernier a été publié en 2008 par le cabinet EXPLICIT et l'AXENNE à la demande du Conseil Régional de la Guadeloupe. Les auteurs soulignent le fait qu'ils se sont inspirés de la méthodologie du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) pour obtenir les émissions de GES en Guadeloupe, qu'elles soient énergétiques ou pas. L'expression « équivalent CO_2 » est couramment utilisée pour la quantification des GES, mais bien souvent, sa signification est ambiguë. Avant de présenter les résultats du PRERURE, qui sont exprimés dans cette unité, nous proposons donc ici quelques explications sur les gaz à effet de serre et leur équivalence. Depuis 1997 et l'adhésion de certains pays au protocole de Kyoto, six principaux GES ont été identifiés. Il s'agit du dioxyde carbone (CO_2), du méthane (CH_4), du protoxyde d'azote (N_2O), des perfluorocarbures (PFC), des hydrofluorocarbures (HFC) et de l'hexafluore de soufre (SF_6). Communément, tous ces gaz sont exprimés dans une seule et même unité afin de faciliter leur comparaison. Cette unité commune est définie en fonction du CO_2 qui a été choisi comme gaz de référence, d'où le terme d'équivalent CO_2 . Son calcul fait intervenir deux éléments caractéristiques des GES : leur durée de vie dans l'atmosphère et leur capacité à

⁴ « Chlordécone, exposure and risk of prostate cancer », Journal of Clinical Oncology, Luc Multigner, Jean Rodrigue Ndong, Arnaud Giusti, Marc Romana, Helene Delacroix-Maillard, Sylvaine Cordier, Bernard Jégou, Jean Pierre Thome et Pascal Blanchet.

⁵ www.inra.fr, « La contamination des fruits et légumes », site visité le 14 Avril 2011 à 16h10.

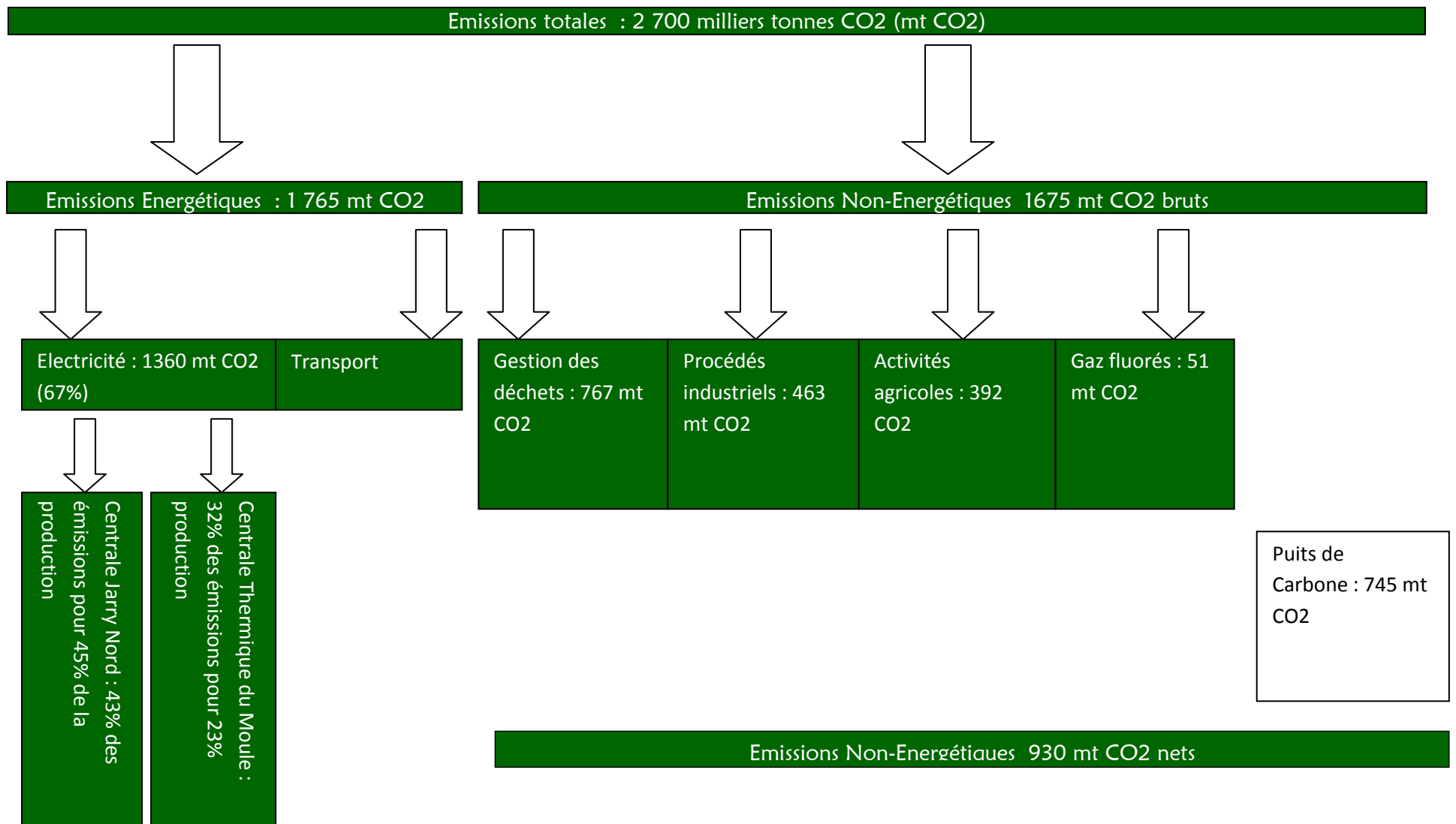
⁶ Document disponible à l'adresse suivante : <http://www.guadeloupe-energie.gp/domaines-daction/le-prerure>.

absorber les infrarouges. Le pouvoir de réchauffement global (PRG) issu de ce calcul, exprimé en équivalent CO_2 , permettra donc d'affirmer qu'une quantité d'un gaz contribue x fois plus au réchauffement que le CO_2 , toute chose égale par ailleurs. Le PRG du CO_2 est de 1, celui du méthane et du protoxyde d'azote par exemple, sont respectivement de 23 et 310. Par conséquent, nous pouvons affirmer que le méthane est 23 fois plus polluant que le CO_2 et le protoxyde d'azote 310 fois (1t de méthane équivaut à 23t de CO_2 et 1t de protoxyde équivaut à 310t de CO_2). Concernant la durée de vie par exemple, il faut savoir que le méthane prend en moyenne 12 ans pour disparaître complètement de l'atmosphère alors que le dioxyde de carbone prend lui 100 ans et le protoxyde d'azote 120 ans. Au sujet des unités utilisées pour les résultats du PRERURE, l'utilisation indissociée des « kilotonnes (kt) » et « milliers de tonnes » ne pose aucun problème car 1 kt = 1000 tonnes.

En 2006, en Guadeloupe, les émissions de GES se sont élevées à 2 700 milliers de tonnes équivalent CO_2 . Les émissions d'origine énergétique, c'est-à-dire issues de la production d'électricité et de la consommation de carburants, sont responsables de 67% de ces émissions (soit 1765 milliers de tonnes de CO_2). Ceci équivaut à une émission de 4,8 tonnes de CO_2 par an et par habitant (ce qui est inférieur à la moyenne nationale de 5,5 tonnes de CO_2 par an et par habitant). Vu que la production d'électricité émet à elle seule 1 360 milliers de tonnes de CO_2 , il n'est pas étonnant de voir que les secteurs résidentiels et des entreprises font partie de ceux qui émettent le plus de CO_2 avec respectivement 30% et 25% des émissions énergétiques. Le secteur des transports qui lui, utilise davantage les carburants est responsable de 37% de ces émissions. Le secteur du patrimoine public et celui de l'agriculture ferment la marche avec respectivement 7% et 2% des émissions. Concernant plus particulièrement la production d'électricité, la centrale au fioul lourd de Jarry Nord est celle qui produit le plus de CO_2 avec 43% des émissions pour 45% de la production électrique suivie de la centrale bagasse-charbon du Moule qui elle, contribue à hauteur de 32% des émissions pour 23% de la production électrique. Si la production d'électricité émet autant de CO_2 , c'est à cause de l'utilisation majoritaire des combustibles fossiles (le contenu CO_2 de l'électricité est de 759 g de CO_2/kWh à la Guadeloupe, ce qui est très élevé comparé à la moyenne nationale qui, grâce au nucléaire, est de 60-80 g de CO_2/kWh).

Excepté les émissions d'ordre énergétiques, il existe d'autres sources de pollution atmosphériques. Ces dernières, qualifiées de « non énergétiques », se sont élevées en 2006 à 930 milliers de tonnes équivalent CO_2 . Ce chiffre représente les émissions nettes, c'est-à-dire amputées du puits de carbone que représente la forêt (soit 745 milliers de tonnes de CO_2). Les émissions non énergétiques se répartissent essentiellement entre les activités agricoles,

industrielles, pétrolières, la gestion des déchets et de façon plus générale du mode de vie. Avec 767 milliers de tonnes équivalent CO_2 (environ 50% des émissions brutes), la gestion des déchets est l'activité la plus polluante de cette catégorie. Ceci s'explique par l'importance des rejets de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O) provenant des déchets des ménages et des collectivités, des déchets banaux des entreprises, des déchets humains, du traitement des eaux usées et des boues. Concernant les procédés industriels, le Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) a estimé le niveau de pollution à 593 milliers de tonnes équivalent CO_2 . Les émissions industrielles nettes s'élèvent donc à 463 milliers de tonnes équivalent CO_2 lorsque les 130 kt provenant des émissions énergétiques sont retranchés. Les émissions liées aux activités agricoles proviennent de l'élevage des animaux (6442 tonnes de CH_4), de la gestion de leurs déchets (98 tonnes de N_2O) et de la culture des sols (708 tonnes de N_2O), soit au total 392 milliers de tonnes équivalent CO_2 . Les émissions de gaz fluorés s'élèvent, quant à elles, à 51 milliers de tonnes équivalent CO_2 avec pour principal responsable la climatisation (64%).



Synthèse simplifiée du bilan de CO₂ à la Guadeloupe

Afin de prévoir ce que pourraient représenter les émissions de gaz à effet de serre en 2020, les auteurs du PRERURE ont élaboré des scénarios d'évolution de la situation énergétique en Guadeloupe. Il est à noter que ces scénarios ne concernent que les émissions d'origine énergétique c'est-à-dire induit par la production d'électricité et la consommation de carburant. Les scénarios en question sont le scénario tendanciel et les scénarios volontaristes (bas, médian, haut). Pour ce dernier, seuls les résultats du scénario médian seront restitués.

-Le scénario 'tendanciel' : cette simulation reflète une évolution en continuité avec la tendance actuelle. Contrairement à un scénario « laisser faire », ce scénario intègre des actions de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies de renouvelables selon la tendance observée.

*-Les Scénarios 'volontaristes' : ces simulations reflètent une accentuation des efforts de maîtrise de l'énergie et de promotion des énergies renouvelables. En conséquence, les scénarios indiquent un infléchissement des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Trois niveaux de scénarios volontaristes sont réalisés, comportant des objectifs plus ou moins ambitieux de maîtrise de l'énergie et d'introduction des énergies renouvelables. (**Scénario bas** : ce scénario intègre les actions les moins volontaristes pour chacun des usages. Il constitue un renforcement modéré des actions engagées aujourd'hui, et une action modérée sur la climatisation. **Scénario médian** : ce scénario intègre des actions volontaristes de maîtrise de la demande d'électricité, qui sont bien supérieures aux actions engagées aujourd'hui. L'effort sur la climatisation est conséquent, puisqu'en 2020, 50% des appareils vendus ont un EER (Energy Efficiency Ratio) égal à 3,5. **Scénario haut** : ce scénario intègre des actions très volontaristes de maîtrise de la demande d'électricité, aussi bien sur les thématiques pour lesquels les acteurs régionaux sont déjà engagés que sur de nouvelles thématiques. Ce scénario constitue le gisement potentiel technico-économique maximal.)⁷*

Le scénario tendanciel est étroitement lié à l'évolution du mix énergétique (que nous verrons ultérieurement). Vu que la part des énergies renouvelables dans la production de l'électricité est censée s'accroître, il faut s'attendre à ce que les émissions augmentent, mais de façon limitée (diminution du contenu de 759 g de CO₂/kWh dans la production électrique). Les résultats de la simulation présentent une augmentation annuelle moyenne de 3,3% des émissions de CO₂ sur la période 2006-2020. Le secteur des transports contribue le plus à cette augmentation avec une évolution annuelle moyenne de 4,8% de ses émissions. L'impact de l'électricité n'est que très limité car les émissions des secteurs de l'habitat, des entreprises et du patrimoine public n'augmentent que très peu (2,4%). Suivant le scénario volontariste médian, la

⁷ PRERURE, Explicit et Axenne, 2008, Présentation des scénarios, page 88.

situation est bien sûr encore plus favorable. Une fois de plus, l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité fait pression à la baisse sur les émissions de CO₂. Le contenu CO₂ de l'électricité chute de 45% pour passer à 420 g de CO₂/kWh. Globalement, sur la période 2006-2020, les émissions de CO₂ diminuent de 18% environ pour atteindre 1436 milliers de tonne de CO₂. Baisse qui est directement imputable aux améliorations des procédés de production d'électricité.

Les problèmes environnementaux qui touchent la Guadeloupe sont favorables à la mise en place de projets d'énergies renouvelables tels que le projet CANN'ELEC. En effet, les différents scénarios démontrent clairement qu'une moindre utilisation des combustibles fossiles est un moyen efficace pour la réduction des émissions de GES. Même si le projet ne pourra pas résoudre entièrement le problème, à cause des émissions non énergétiques issues de la décomposition des déchets ou encore des activités agricoles, il y contribuerait entre autres dans la mesure où la plupart des émissions proviennent de la production d'énergie (67% des émissions) et plus particulièrement de la production d'électricité.

2-2. Evolution attendue de la consommation électrique et du potentiel de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020

La présentation de cet aspect énergétique nous permettra d'aborder un autre volet du PRERURE qui s'intéresse de près à la problématique du projet, celle de l'électricité. Selon le PRERURE, il existe trois contraintes majeures qui pèsent sur le système énergétique de la Guadeloupe. Tout d'abord, l'insularité de cette dernière impose un acheminement par voie maritime des inputs nécessaires à la production de l'électricité. Le transport de ces matières premières fait pression sur les coûts. En l'état, il n'est pas possible de faire autrement car l'archipel ne possède aucun gisement fossile. Bien au contraire, la dépendance énergétique y est accrue à hauteur de 90% avec un recours aux énergies renouvelables qui ne couvrent que 14% des besoins en électricité. De plus, le système énergétique est de petite taille. Ainsi, non seulement les prix sont élevés pour une qualité moindre qu'en Métropole par exemple, mais en plus la Guadeloupe est assez vulnérable aux fluctuations des cours mondiaux du baril de pétrole. Toutes ces conséquences fragilisent la production énergétique qui fait pourtant l'objet d'une demande croissante comme en témoignent les résultats du PRERURE. Pour faciliter leur compréhension, l'encadré suivant présente les unités utilisées et leurs équivalences.

Les unités utilisées	
Unité	Equivalence
1 kilowatt-heure (kWh)	10^3 watt-heure (Wh)
1 mégawatt-heure (MWh)	10^6 Wh
1 gigawatt-heure (GWh)	10^9 Wh
1 térawatt-heure (TWh)	10^{12} Wh

Ainsi, $TWh > GWh > MWh > kWh > Wh$, avec Wh l'unité de base

-le Wh est une unité d'énergie qui mesure l'énergie délivrée ou consommée par un système d'une puissance de 1 Watt et ce, pendant une heure. Sans l'unité « heure », il s'agit d'une unité de puissance.

-Pour le photovoltaïque, l'unité utilisée est le MWc (mégawatt crête), qui correspond à la puissance maximale délivrée par l'unité photovoltaïque lorsqu'elle bénéficie d'une exposition solaire optimale.

-Ordres de grandeurs :

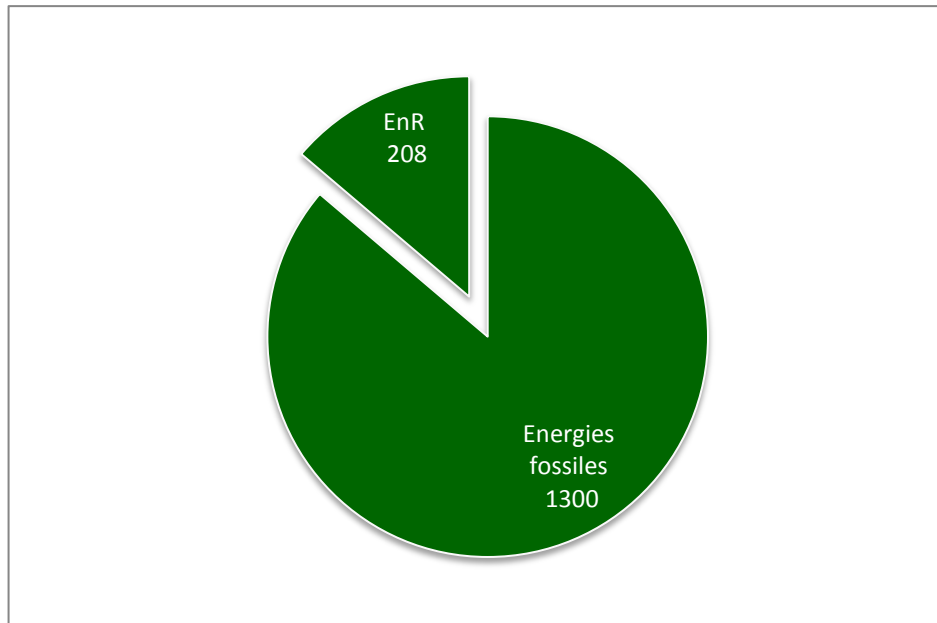
Pour atteindre 1 MW, il vous faut environ 17000 ampoules de 60W, 12500 ordinateurs de 80W ou encore 1540 aspirateurs de 650W.

Un parc éolien qui produit 35 GWh pourra alimenter 1250 maisons québécoises qui consomment 28 000 kWh.

L'électricité, en tant qu'énergie finale, fait partie des énergies les plus demandées en Guadeloupe. Le seul secteur qui n'en consomme pas est celui des transports. En 2006, la production d'électricité s'est élevée à environ 1500 GWh en Guadeloupe. Evidemment, les énergies fossiles y contribuent fortement, à hauteur de 1300 GWh. Pour les énergies renouvelables, la géothermie et la bagasse fournissent les meilleurs résultats avec respectivement 78 GWh et 74⁸ GWh sur les 208 GWh produit. Viennent ensuite l'éolien, avec 35 GWh (12 parcs installés avec au total 156 éoliennes pour une puissance totale de 21 MW), l'hydroélectricité avec 18GWh (13 centrales existantes pour une puissance installée d'environ 10 MW) et le photovoltaïque raccordé avec 3 GWh (plus de 400 installations raccordées pour une puissance de 5 MWc et 4000 sites isolés pour une puissance de 3 MWc). Même si la part des énergies renouvelables demeure marginale, elle tend à augmenter d'années en années. En 2002, elle est passée de 10 à 13% de l'énergie produite avant de connaître un pic de 14% en 2005. En parallèle, il existe également des mesures qui permettent de limiter la consommation d'électricité.

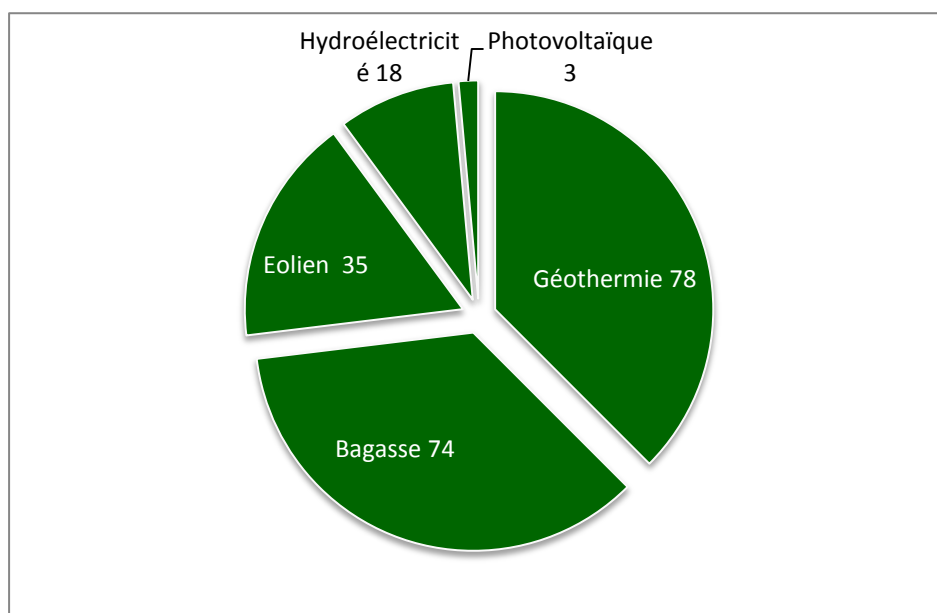
⁸ Les données actualisées de 2009 font état d'une diminution de la production d'électricité issue de la bagasse de 10 GWh, soit une production totale de 64 GWh (donnée issue de la «Valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe : État des lieux et perspectives », Région Guadeloupe).

Il s'agit par exemple du chauffe-eau solaire qui permet d'économiser environ 1600 kwh chaque année ou encore de la valorisation des déchets ménagers qui sert à la fabrication de biogaz.



Graphique 2 : Part des énergies dans la production d'électricité

Source : PRERURE Guadeloupe 2008



Graphique 3 : Production électrique par catégorie d'EnR

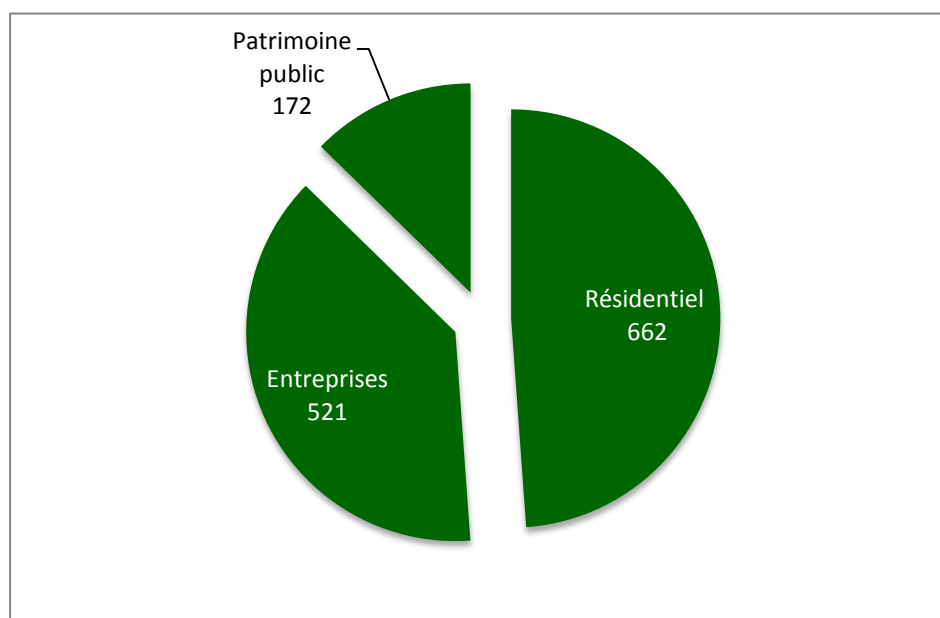
Source : PRERURE Guadeloupe 2008

Le bilan des consommations d'énergie impose une distinction entre l'énergie primaire et l'énergie finale. Quelle est la différence ? L'énergie primaire est l'énergie obtenue à partir de ressources énergétiques « brutes », c'est-à-dire qui n'ont subi aucune transformation (dans l'état dans lequel elles sont fournies par la nature) (bois, charbon, pétrole, géothermie,...). Ces ressources peuvent devenir secondaires si elles subissent des transformations. C'est le cas par

exemple du bois qui peut servir à produire de l'électricité. Les énergies finales, quant à elles, sont celles qui sont distribuées aux consommateurs par le biais des réseaux (électricité, essence, gasoil,...). En Guadeloupe, en 2006, les consommations d'énergies primaires ont été estimées à 7600 GWh. La répartition de cette catégorie d'énergie fait ressortir la « gourmandise » de certains secteurs qui sont les secteurs de l'habitat (32%), des entreprises (27%) et des transports (32%) au détriment des secteurs du patrimoine public (7%) et de l'agriculture (2%). Quelque soit le secteur considéré, ce sont les produits pétroliers qui sont les plus consommés avec 72% de la consommation totale alors que celle des énergies renouvelables est de 10%. Les consommations d'énergie finale sont pour leur part moins élevées que les consommations d'énergie primaire avec 4312 GWh consommés en 2006. Une fois de plus, le secteur des transports (56%), le secteur résidentiel et celui des entreprises (19% chacun) sont les plus gros consommateurs. Le gasoil et l'électricité, avec respectivement 35% et 31% des consommations, sont les principales sources d'énergie.

Un constat remarquable et déplorable à la fois est que les énergies renouvelables ne représentent elles que 4% de ces consommations. Ceci est remarquable car la marge de progression des énergies renouvelables est forte. Il faudrait s'attendre à une augmentation de la part des EnR dans la consommation totale des énergies finales dans la mesure où le PRERURE fait état d'une augmentation continue de la consommation d'énergie d'ici à 2020. Entre 2000 et 2006, cette dernière a déjà augmenté de 10%. De plus, c'est la consommation d'électricité qui contribue en grande partie à cette augmentation avec 27% de croissance (la plus forte augmentation sur la période devant même le gasoil (25%)). Cette augmentation s'explique en partie par l'augmentation simultanée du nombre d'abonné et de la consommation par abonné notamment pour le secteur résidentiel. Comme nous l'avons affirmé précédemment, ce dernier est assez gourmand en énergie et plus particulièrement en électricité avec 808 GWh d'énergie finale consommée en 2006 dont 662 GWh d'électricité (la consommation d'électricité augmente en moyenne de 5% par an depuis 2000). Ces 808 GWh représentent 19% des consommations primaires et 32% des consommations finales. A lui seul, le secteur résidentiel représente 50% de la consommation d'électricité en Guadeloupe en 2006. Le secteur des entreprises suit avec 39% (521 GWh) de la consommation d'électricité. Cependant, ce secteur est moins dépendant de l'électricité que le secteur résidentiel dans la mesure où la consommation d'électricité représente 65% de la consommation d'énergie finale du secteur (804 GWh) contre 82% pour le secteur résidentiel. Si ce chiffre est moins élevé que pour le secteur résidentiel, c'est parce que le secteur des entreprises utilise également de l'énergie thermique issue de la bagasse (150 GWh par an). Le secteur du patrimoine public a, quant à lui, consommé 172 GWh en 2006 (soit 4% de la consommation d'énergie finale). Une fois de plus, c'est l'électricité qui polarise cette

consommation avec 93% (soit 11% de consommation d'électricité de la Guadeloupe). Le secteur agricole est proche du patrimoine public avec 130 GWh consommé en 2006, à la différence que l'électricité y est pour peu (1,6 GWh). A l'instar du secteur des transports qui sur « ses » 2406 GWh ne consomme aucun GWh d'électricité, le secteur agricole ne consomme essentiellement que du carburant.



Graphique 4 : *Consommation électrique par secteur*

Source : PRERURE Guadeloupe 2008

Afin de savoir si l'évolution de la situation énergétique est favorable à l'émergence, à une plus grande échelle, des énergies renouvelables, les mêmes scénarios qui ont été précédemment décrits pour l'évolution des GES ont été utilisés. Concernant les résultats du scénario tendanciel, le premier constat est que la consommation d'électricité augmente d'environ 52%, passant de 1335 GWh en 2006 à 2034 GWh en 2020 (soit une croissance annuelle de 3%). Le scénario volontariste médian, quant à lui, présente une évolution un peu plus modérée avec une augmentation de 30% de la consommation d'électricité (1744 GWh en 2020). Ce résultat est dû aux actions menées en faveur de la maîtrise de l'énergie qui s'appliquent essentiellement à la consommation d'électricité. Par secteur, le scénario tendanciel prévoit une augmentation de la consommation d'énergie finale de 45% pour l'habitat avec une consommation d'électricité en augmentation elle aussi de 54%. Pour les secteurs des entreprises et du patrimoine public, le résultat du scénario tendanciel est quasi-similaire à celui de l'habitat, à savoir que la consommation d'énergie augmente de 43% passant de 968 GWh en 2006 à 1387 GWh en 2020 et que c'est de nouveau l'électricité qui domine avec 1016 GWh en 2020 comparé aux énergies renouvelables qui n'évoluent guère (150 GWh par an). Les deux derniers secteurs, le secteur agricole et celui des transports consomment très peu (augmentation de la consommation

d'électricité de 4% de 1,7 GWh à 2,9 GWh en 2020) ou pas d'électricité. Comme précédemment, les résultats du scénario volontariste médian sont moins prononcés. Ainsi, l'augmentation de la consommation d'énergie finale n'est plus que de 11% pour l'habitat et de 26% pour les secteurs entreprise et patrimoine public. Il n'y a pas de précisions pour la consommation sectorielle d'électricité mais nous supposons qu'elle doit également être inférieure à celle obtenue pour le scénario tendanciel.

Tableau 1 : *Part sectorielle de l'électricité dans les énergies finale à l'horizon 2020 (scénario tendanciel)*

Secteurs		2006	2010	2015	2020
Habitat	Energie finale	774	855	977	1127
	Electricité	662	743	866	1016
Entreprises/Patrimoine public	Energie finale	968	1070	1217	1387
	Electricité	672	756	876	1016
Agriculture	Energie finale	131	131	131	132
	Electricité	2	2	2	3

Source : PRERURE Guadeloupe 2008

Quelle est la place accordée aux énergies renouvelables dans ces augmentations ? A nouveau, pour développer cet aspect, deux scénarios ont été définis :

- un scénario « mix tendanciel », dans lequel sont intégrés les projets de développement des énergies renouvelables en cours, sans intégrer les projets Bouillante 3 et Géothermie Dominique, ni prendre en compte le développement fort de l'éolien et du photovoltaïque ;

- un scénario mix volontariste, dans lequel des objectifs forts de développement des énergies renouvelables sont intégrés⁹

Que l'on considère le mix tendanciel ou le mix volontariste, le potentiel de développement des énergies renouvelables augmente. D'après le scénario tendanciel, l'éolien, le photovoltaïque et la géothermie possède les plus hauts potentiels avec respectivement en 2020, 59 MW pour une puissance de 100 GWh, 82 MW pour une puissance de 115 GWh et 17 MW pour une puissance de 127GWh. En considérant le scénario volontariste, le constat est toujours le même sauf que cette fois, les puissances installées et délivrées sont encore plus élevées. L'hydroélectricité (9 MW pour 19 GWh selon le scénario tendanciel et 19 pour 42 GWh selon le scénario volontariste) et la valorisation des déchets (8 MW pour 66 GWh selon le scénario

⁹PRERURE, Explicit et Axenne, 2008, Potentiel de développement des énergies renouvelables, page 113.

tendanciel et 17 MW pour 136 GWh selon le scénario volontariste) présentent des résultats largement inférieurs. Entre les deux s'intercalent la valorisation de la biomasse issue de la canne, qui nous intéresse le plus dans le cadre du projet. Pour le scénario tendanciel, aucun projet de valorisation de cette biomasse n'est retenu outre la CTM qui existe déjà. Par conséquent, en 2020, le potentiel de valorisation de cette catégorie de biomasse est de 59 MW pour une production de 74 GWh. Dans le scénario volontariste, seul le projet de Marie-Galante est retenu. Le potentiel s'élève donc à 70 MW pour une production de 89 GWh en 2020. Il semble bien que ce potentiel soit sous-estimé dans la mesure où il n'intègre aucun projet d'électricité à partir de la canne qui est pourtant une possibilité réaliste. De ce fait, la valorisation de la biomasse type canne bénéficie du plus faible potentiel de développement en termes d'énergie après l'hydroélectricité. En 2010, un état des lieux sur la valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe a été publié par le cabinet EXPLICIT, BIRD&BIRD, la CSTB et HUGLO LEPAGE ASSOCIES CONSEIL suite à la demande de la Région Guadeloupe. Le potentiel de développement des énergies renouvelables issues de la biomasse canne y est revu à la hausse avec notamment l'intégration du programme Cann'elec dont la production électrique a été estimée à 230 GWh par an. Ajouté aux 74 GWh du scénario tendanciel et aux 89 GWh du scénario volontariste, la production d'électricité issue de la canne se retrouve désormais en seconde position derrière la géothermie avec respectivement 305 GWh et 319 GWh contre 352,5 GWh pour la géothermie.

Tableau 2 : Potentiel de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020 selon les scénarios

		Scénario tendanciel		Scénario volontariste	
		Puissance (MW)	Production (GWh)	Puissance (MW)	Production (GWh)
Eolien		59	100,3	118	200,6
	Sites existants	27	45,9	38	64,6
	Nouveaux sites	32	54,4	80	136
Photovoltaïque		84,	118	146	205
	Installations existantes	2,14	3	2,14	3
	Installations résidentielles	7,8	11	15,6	22
	Installations tertiaire/industrie	15,6	22	31,2	44
	Centrales au sol	58,5	82	97,5	137
Géothermie		17	127,5	47	352,5
	Bouillante 1 et 2 (extension de 2 MW)	17	127,5	17	127,5
	Bouillante 3	0	0	30	225

Hydroélectricité		8,7	19,14	19,3	42,4
	Sites existants	8,7	19,14	8,7	19,1
	Nouveaux sites	0	0	10,6	23,3
Valorisation énergétique des déchets		8	66	17	136
	Récupération du gaz de décharge	0	0	9	70
	Unité de méthanisation des déchets ménagers	8	66	8	66
Valorisation énergétique de la bagasse		59,5	74	71,5	89
	CTM	59,5	74	59,5	74
	Marie Galante	0	0	12	15
Total		236,24	504,94	419,24	1026,5

Source : PRERURE Guadeloupe, 2008

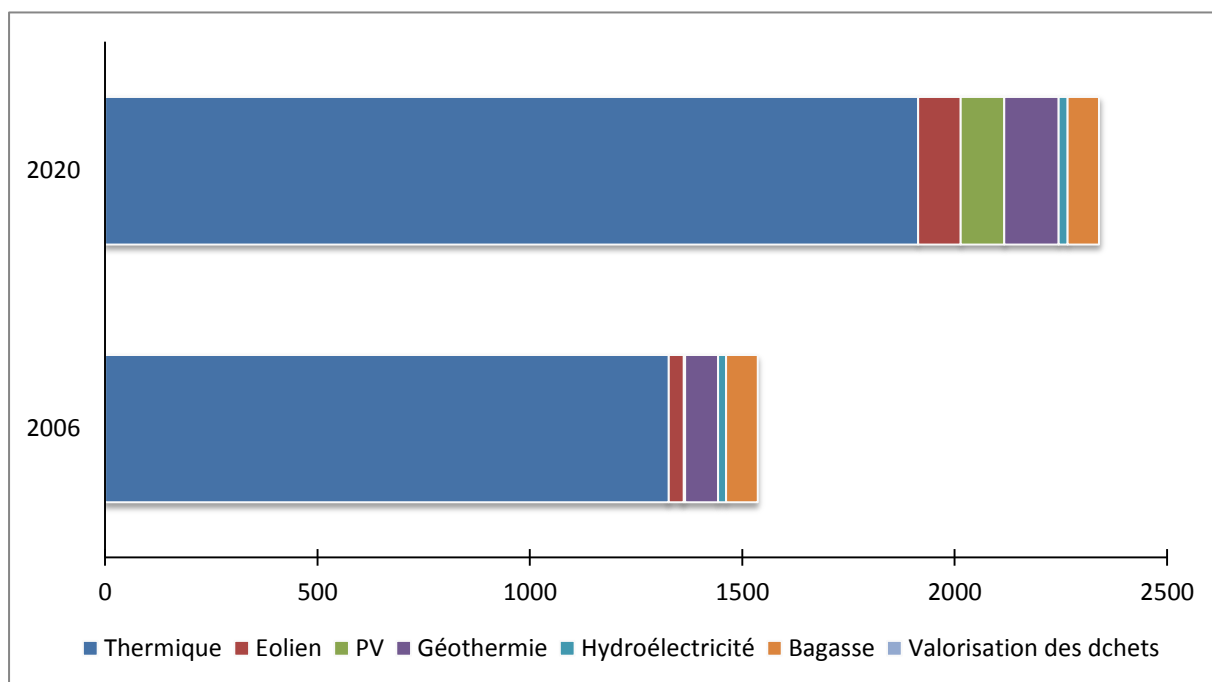
Partant de ces évolutions, il a également été possible de déterminer l'évolution du système électrique guadeloupéen à l'horizon 2020 selon deux scénarios :

-scénario d'évolution des consommations tendanciel avec mix énergétique tendanciel ;

-scénarios d'évolution des consommations volontaristes en termes d'actions de maîtrise de l'énergie avec mix énergétique volontariste¹⁰.

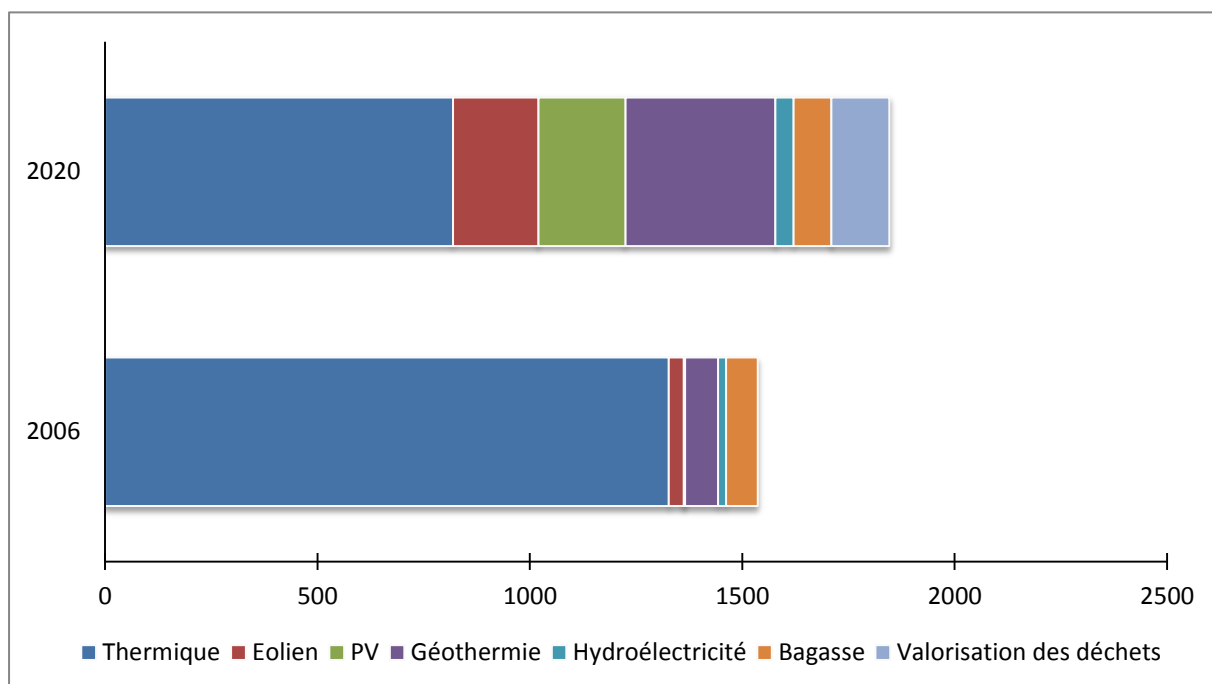
Selon le premier scénario, la consommation d'électricité devrait augmenter de 700 GWh d'ici à 2020 pour atteindre 2034 GWh. Cette augmentation est due notamment au recours à l'énergie thermique (1914 GWh) mais également au photovoltaïque (103 GWh) à l'éolien (100 GWh) et à la géothermie (128 GWh). Désormais, les énergies renouvelables représentent 21% de la production d'électricité. Le scénario volontariste qui intègre un volet de maîtrise de demande de l'énergie (économie de 430 GWh) fait que l'augmentation de la consommation électrique n'est plus que de 270 GWh pour atteindre 1844 GWh en 2020. Cette évolution est la conséquence de la réduction substantielle (44%) de la production électrique d'origine thermique de 1327 GWh à 819 GWh en 2020. Les énergies renouvelables représentent donc plus de la moitié (56% plus précisément) de la production électrique avec toujours la géothermie, l'éolien et le photovoltaïque qui dominent.

¹⁰ PRERURE, EXPLICIT et AXENNE, 2008, Le système électrique guadeloupéen à l'horizon 2020, page 127.



Graphique 5 : Système électrique guadeloupéen en 2020 (en GWh) (Scénario tendanciel)

Source : PRERURE Guadeloupe 2008



Graphique 6 : Système électrique guadeloupéen en 2020 (en GWh) (Scénario volontariste)

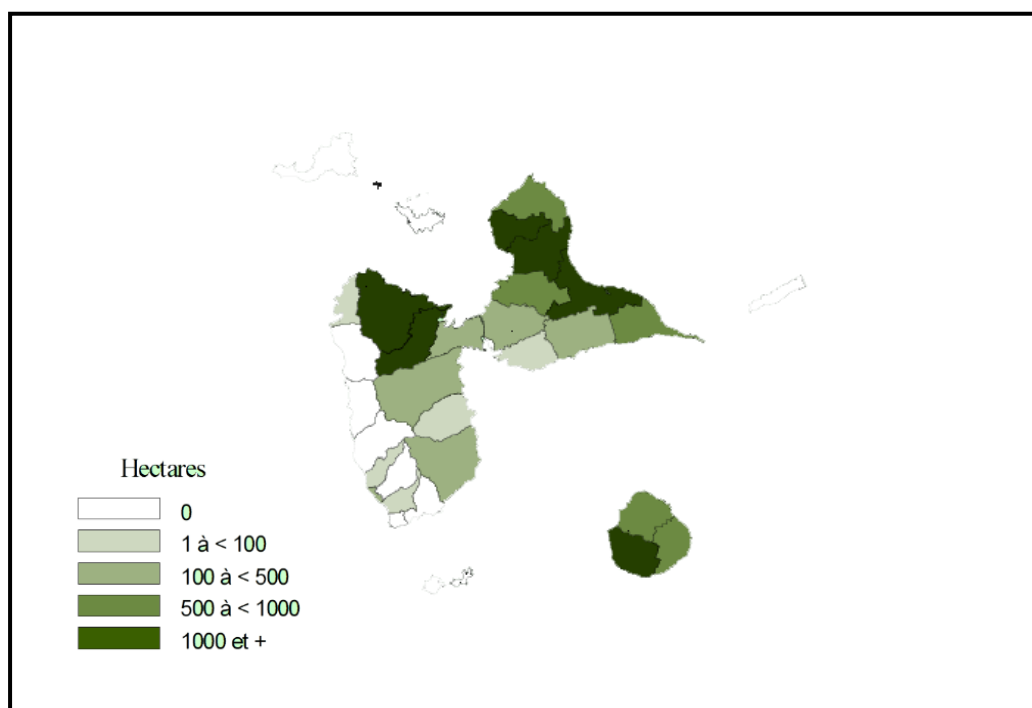
Source : PRERURE Guadeloupe 2008

Cette présentation du contexte énergétique guadeloupéen ainsi que des scénarios d'évolution de la consommation électrique et du développement des énergies renouvelables, démontre, si le besoin en était, que la situation présente ou future est favorable à la mise en place de projets orientés vers des sources énergétiques alternatives. Leur élaboration permettrait non seulement de répondre aux besoins croissants, mais également de limiter l'utilisation des énergies

fossiles coupables de pollution. De nombreux projets ont été discutés au sein du PRERURE, mais certains ont été occultés. Par conséquent, il serait intéressant de porter une attention toute particulière à la production d'électricité à partir d'une biomasse dédiée, afin d'observer les impacts aussi bien sur le plan énergétique que sur le plan environnemental, social et économique. Ce projet est d'autant plus intéressant que les énergies solaire, éolienne et photovoltaïque, plus développées à l'heure actuelle, ne permettent pas une production électrique continue. Ce sont des sources aléatoires.

2-3. Les difficultés rencontrées par la filière canne-sucre-rhum

La notion « économique » entendu ici est un état des lieux de la filière canne-sucre-rhum qui occupe actuellement une place de choix dans le système agricole guadeloupéen. Sur les 43 532 Ha de surface agricole utilisée recensée en 2008 par la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF)¹¹, la sole cannière occupait 33% de cette surface ce qui représente une surface totale de 14 400 Ha. Cette dernière est répartie sur l'ensemble du territoire avec une prépondérance du bassin cannier de la zone nord Grande-Terre (Graphique 7).

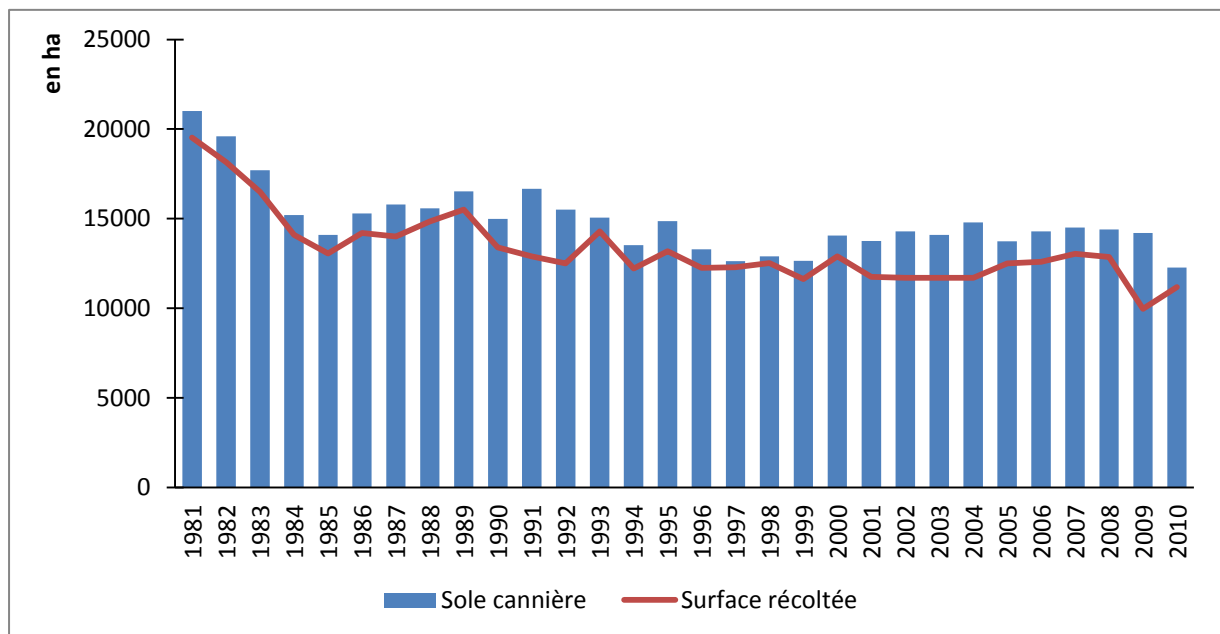


Graphique 7 : Répartition de la sole cannière en Guadeloupe en ha/commune

Source: Agreste-Recensement agricole 2000

¹¹http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=26&ref_id=agrtc1021 site consulté le 17 Mai 2011 à 17h10.

Au fil des années, le secteur cannier a été fragilisé par les restructurations, les mouvements sociaux et les aléas climatiques. Alors que les usines broyaient en moyenne plus d'un million de tonnes de canne par an entre 1960 et 1979, il leur arrive désormais de chuter à une moyenne de 539 400 tonnes par an comme sur la décennie 1990-1999¹². Parallèlement, depuis 1981 les surfaces agricoles consacrées à la canne se sont considérablement réduites. De 21000 ha en 1981, elles sont passées à 12272 ha en 2010 (soit une diminution de 42% sur la période). Une étude du Carif-Oref datant de 1999¹³ faisait déjà état de cette évolution de la sole cannière. Il avait été indiqué que c'est la diminution des grandes (20 ha ou plus) et petites (<5 ha) exploitations au profit des exploitations moyennes (entre 5 et 20 ha) qui en était la cause.



Graphique 8 : Surface cannière pour l'ensemble de la Guadeloupe

Source : DAAF et Chambre Agriculture

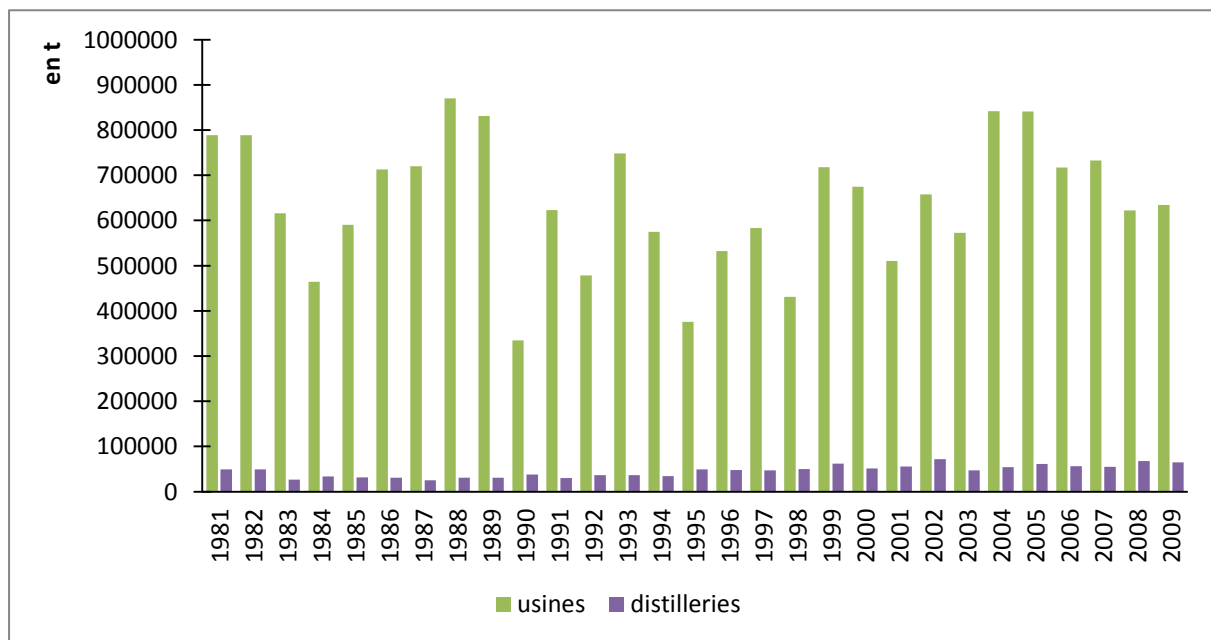
Outre le problème de la sole cannière, la filière canne-à-sucre est également confrontée à une instabilité de sa production. Les aléas climatiques, tels que la pluviométrie abondante, sont néfastes pour la production de la canne car ils engendrent une diminution de leur richesse saccharine. Dans la mesure où le producteur est rémunéré en partie par cette richesse, ses revenus peuvent diminuer considérablement. La situation devient même critique lorsque la richesse descend en dessous du seuil de rentabilité industrielle de 6%¹⁴. A ce moment, le prix de la canne ne permet pas aux producteurs de couvrir ses charges (coupe, transport, ...). La récolte de 2009 marquée par une pluviosité abondante illustre bien les pertes économiques liées à la diminution de la richesse saccharine (RS) de la canne. La diminution de 13% de cette richesse par rapport à la

¹² Rapport de campagne 2005, CTICS Guadeloupe, « Evolution production « canne et sucre » 1960/2005 », page 4

¹³ « L'agriculture en Guadeloupe : Etat des lieux », Carif-Oref Guadeloupe, 1999, page 45.

¹⁴ « Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe », Partie I : Situation initiale, D. Pouzet et C. Lejars, 2008, page 10.

récolte précédente a eu comme conséquence directe une diminution du prix moyen de la canne de 57,74€ en 2008 à 52,40€ en 2009. La perte financière globale de la récolte 2009 a donc été estimée à plus de 13 000 000€¹⁵. Même si elles n'ont pas vraiment été chiffrées, nous pouvons supposer que les pertes sont à peu près équivalentes en cas de conflit social car la récolte commence avec du retard ce qui multiplie le nombre de cannes laissées sur pied. Pour toutes ces raisons, les fluctuations de la production de canne-à-sucre sont importantes et ce sont les tonnages de cannes remis aux usines et aux distilleries qui subissent les premiers ces fluctuations. (Graphique 9).



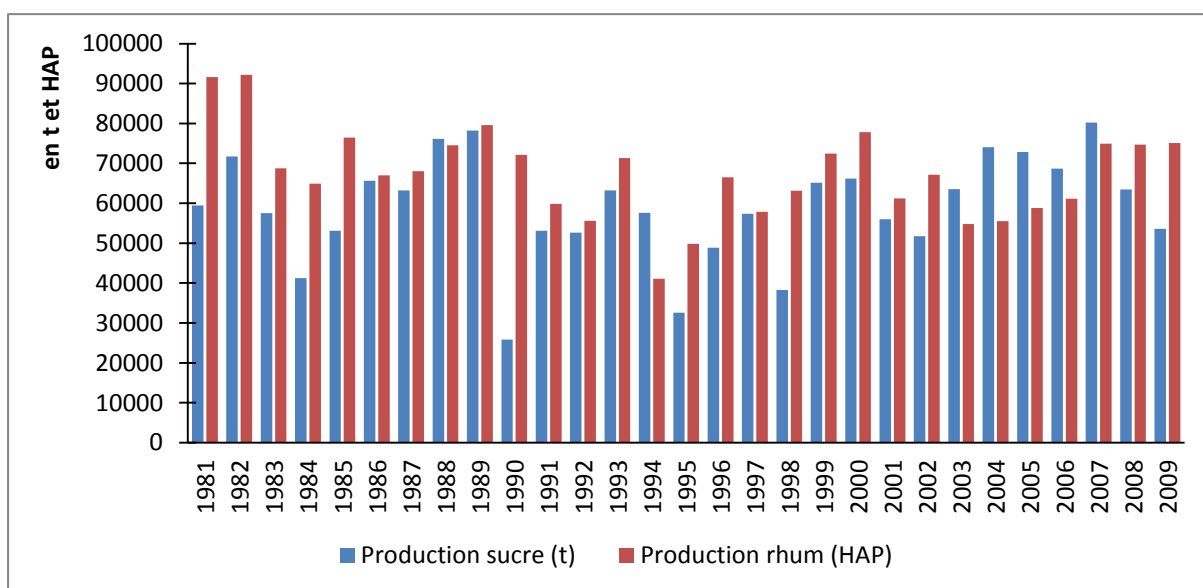
Graphique 9 : Fluctuations de la production de canne-à-sucre

Source : DAAF

Sur la période étudiée, 1990 est « l'année noire » de la production cannière avec une récolte totale de 334 530 t de canne. Ceci est la conséquence de l'ouragan Hugo qui dès 1989 avait entraîné une diminution de 59%¹⁶ de la récolte. Ce n'est qu'après un plan de relance que le tonnage récolté repartira à la hausse en 1991. Nous le verrons un peu plus loin, mais ceci aura un impact significatif sur la filière. Lorsque les producteurs de canne-à-sucre enregistrent des pertes, tous les autres acteurs du secteur cannier subissent les mêmes conséquences. En effet, les productions de sucre et de rhum sont subordonnées à la production de canne-à-sucre. Elles connaissent donc les mêmes fluctuations. Par conséquent, il n'est pas étonnant d'observer que la production de sucre la plus basse date de 1990 avec 25 823t (Graphique 10).

¹⁵ « Bilan de la campagne sucrière 2009 », Y. Boc, Commission d'Agrément et de Suivi de Récolte et Chambre d'Agriculture, page 15.

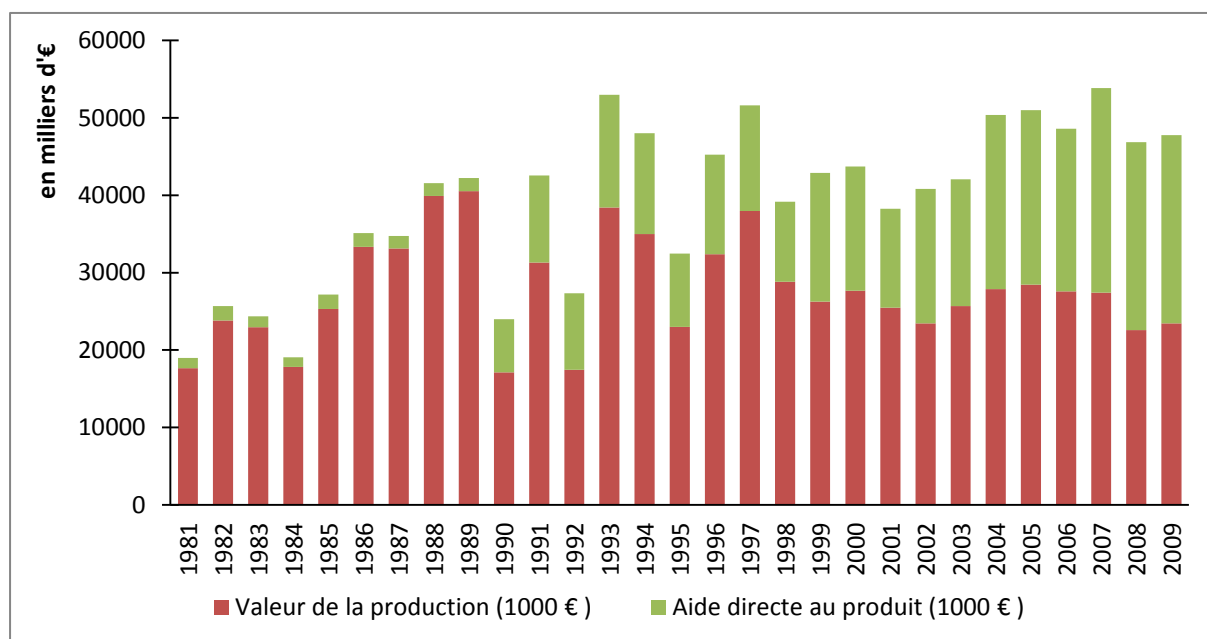
¹⁶ Ibid. page 47.



Graphique 10 : Production de sucre en tonne et de rhum en Hectolitres d'Alcool Pur (HAP) pour la Guadeloupe

Source : DAAF

Suite à tous ces changements, nous comprenons aisément que les conséquences financières pour le secteur sont importantes. Ainsi, comme nous l'avons indiqué précédemment, depuis le passage de l'ouragan Hugo, la valeur des aides à la filière ne cesse de croître. En une trentaine d'année, sa valeur a été multipliée par 18 passant de 1 323 000€ à 24 328 000€. Ces trois dernières années les aides directes à la production de canne-à-sucre représentent près de la moitié de la valeur de la production (Graphique 11).



Graphique 11 : Subventions de la filière canne à la Guadeloupe

Source : DAAF

La redondance des fluctuations conjointes démontre bien que tous les compartiments du secteur cannier sont étroitement liés. Il suffit que la sole cannière varie pour faire varier la surface récoltée qui aura des conséquences sur le tonnage remis aux usines et distilleries. A leur tour, les productions de rhum et de sucre fluctuent. A cause de ces difficultés, la filière est de plus en plus subventionnée. Par ailleurs, les coûts de revient de la canne-à-sucre sont plus élevés pour les planteurs de la zone sud Basse-Terre dans la mesure où la sucrerie de Gardel est éloignée de cette zone de production. La mise en place d'une filière canne-énergie pourrait, dès lors, offrir une alternative aux agriculteurs les plus éloignés de la sucrerie et éventuellement permettre à d'autres de compléter leur revenu. De plus, cette filière, moins centrée sur la RS, serait moins vulnérable aux conditions climatiques telles que les pluviométries abondantes et donc moins sujette aux fluctuations de production.

3- Localisation des bassins potentiels pour la nouvelle filière canne-énergie

3-1. Les surfaces agricoles dans la zone sud Basse-Terre

Selon toutes vraisemblances, le projet Cann'élec devrait s'implanter dans la zone sud Basse-Terre où sont situées les communes de Goyave, Capesterre-Belle-Eau, Trois-Rivières, Vieux-Fort, Gourbeyre, Basse-Terre, Baillif, Saint-Claude et Vieux-Habitants (Graphique 12). Dans la mesure où la culture dominante de la zone est la banane, elle correspond à la zone potentiellement la plus contaminée par la chlordécone (Graphique 1). Même si les conditions climatiques sont favorables à la culture de la canne, cette dernière n'y est que peu cultivée. Les cannes plantées dans cette zone présentent généralement de faibles RS, aux alentours de 6,5% en moyenne¹⁷. Sachant que la limite de la rentabilité industrielle de la sucrerie de Gardel est de 6% de RS, il n'est pas étonnant de constater une influence très limitée de la canne à cet endroit. En revanche, dans le cadre du projet Cann'élec, pour la canne combustible, la RS importe peu. Les paramètres plus déterminants sont le taux d'humidité et le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de la canne-fibre. De plus, l'implantation de la centrale électrique dans la même zone que les bassins d'approvisionnement limiterait les coûts de transports de la canne contrairement à la situation actuelle où les cannes destinées à la sucrerie de Gardel traversent l'île de part en part sur une distance de 90 kilomètres¹⁸. La suppression de ces deux principales limites pourrait redynamiser la culture de la canne dans la zone sud Basse-Terre.

¹⁷ « Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe », Partie I : Situation initiale, D. Pouzet et C. Lejars, 2008, page 9.

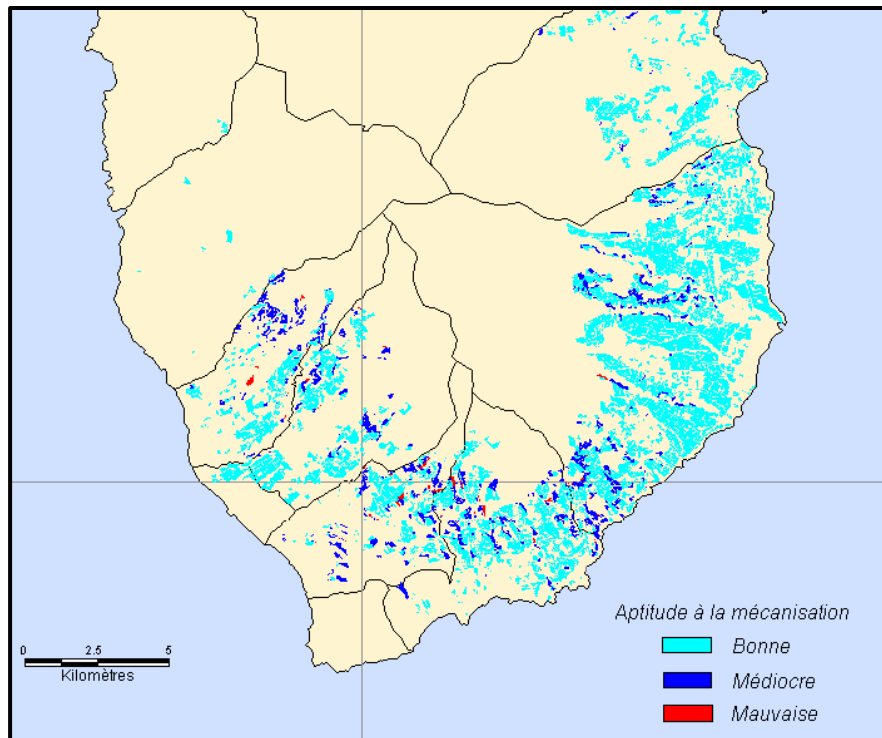
¹⁸ Ibid. page 10.

surface, en particulier, grâce aux plantations de banane qui elles recouvrent environ 62% de la même surface. La canne-à-sucre n'est présente que dans 3 des 8 communes du sud Basse-Terre, soit à Capesterre Belle-Eau, Saint-Claude et Basse-Terre, pour une superficie totale de 430 ha. Il est important de souligner que cette superficie de 3660 ha est une valeur approximative tant les données agricoles pour la zone sud Basse-Terre dépendent de la source d'information. En effet, ces données sont issues des déclarations de surfaces annuelles des agriculteurs pour l'obtention des aides agricoles, sachant que ces déclarations varient d'un organisme à un autre et d'une année à l'autre en fonction des aides. A dire d'expert, la superficie agricole consacrée à la banane en zone mécanisable, en zone sud Basse-Terre, ne serait pas réellement de 2270 ha mais plutôt de 1650 ha. Ainsi, la surface agricole totale représentée par la canne-à-sucre, la banane et la jachère serait comprise entre 3040 et 3660 ha.

3-2. La mécanisation des surfaces agricoles

Une des problématiques inhérentes aux surfaces agricoles concerne leur aptitude à la mécanisation, surtout pour les cultures comme la canne qui ont recours aux machines agricoles lors des phases de coupe et de récolte. Généralement, les machines utilisées, principalement des coupeuses et des remorques qui les suivent pour recueillir les cannes coupées, ne peuvent travailler à des niveaux de pentes trop élevés. En ce sens, la zone sud Basse-Terre, avec son relief montagneux, pourrait constituer une contrainte pour la culture de la canne-énergie. Dans notre cas, cette topographie n'est pas un obstacle car la plupart des surfaces agricoles actuelles en culture de banane, de canne et en jachère ont une bonne aptitude à la mécanisation que ce soit au niveau des coupeuses et des remorques (pente < 12%¹⁹), une infime partie possède une mauvaise aptitude à la mécanisation (pente < 35%¹⁹) mais à aucun endroit la mécanisation n'est impossible (pente > 35%¹⁹) (Graphique 13). Nous considérons donc que la totalité des surfaces agricoles précédemment recensées pour la canne-à-sucre, la banane et la jachère, soit les 3040 à 3660 ha, sont entièrement mécanisables. D'autant plus que la commune de Capesterre Belle-Eau, où se situe la moitié des terrains agricoles, est également la commune qui présente la meilleure aptitude à la mécanisation.

¹⁹ Ibid. page 12



Graphique 13 : *Aptitude à la mécanisation du parcellaire agricole principal (déclarations 2007)*¹⁹

3-3. Les surfaces potentiellement disponibles pour le projet

Outre l'aspect financier, la disponibilité en terres potentiellement disponibles pour la culture de la canne semble être, d'après diverses sources, la principale contrainte qui pèse sur le projet Cann'élec. En réalité, il s'agit d'une double contrainte qui se rapporte à la difficulté d'obtenir, d'une part, les surfaces agricoles disponibles pour la mise en place du projet et, d'autre part, l'accord des agriculteurs pour leur exploitation, sachant que ces derniers devront être partie prenante d'un projet qui conçoit la canne à des fins autres qu'alimentaires. En tenant compte de toutes les précisions énoncées au cours des deux paragraphes précédents, il est possible de se faire une idée des surfaces potentiellement disponibles pour la future mise en œuvre du projet Cann'élec. Concernant la canne-à-sucre, sur les 430 ha recensés, 200 ha, issu exclusivement de la commune de Capesterre Belle-Eau, sont destinés à la sucrerie de Gardel contre 230 ha pour les distilleries (dont 130 ha pour Capesterre Belle-Eau, 60 ha pour Saint-Claude et 40 ha pour Basse-Terre). La filière sucre et la filière rhum sont deux filières distinctes ; les relations contractuelles préétablies entre les distillateurs et les agriculteurs de canne-rhum sont particulières et les distances de transport entre les distilleries et les cannes destinées à la production de rhum sont plus réduites que pour la canne-à-sucre ; pour ces raisons et pour simplifier l'analyse, les surfaces liées à la canne-rhum ne seront pas considérées ici comme potentiellement disponibles pour la canne-énergie. Par conséquent, les surfaces agricoles totales prises en compte dans cette étude sont comprises entre 2800 et 3400 ha (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparatif de la répartition des surfaces agricoles en zone sud Basse-Terre entre la canne-à-sucre, la banane et la jachère avec ou sans les cannes de distilleries selon un scénario bas et un scénario haut

	Avec les cannes de distilleries		Sans les cannes de distilleries	
Scénarios	Bas	Haut	Bas	Haut
Canne-à-sucre	430	430	200	200
Banane	1650	2265	1650	2265
Jachère	962	962	962	962
Totaux	3042	3657	≈2800	≈3430

A l'instar des surfaces en canne-rhum, les surfaces en banane n'ont pas été considérées comme potentiellement disponibles pour le développement de la canne-énergie. En effet, vu le niveau d'aides et de structuration, il est pour le moment difficile d'imaginer les agriculteurs de la filière banane convertir leur parcelle à la production de canne-énergie. Selon ces restrictions, les deux types de surfaces retenues pour cette étude sont les surfaces occupées par la canne-à-sucre et par la jachère. Dans un premier temps, si la jachère n'est pas utilisée, les surfaces agricoles potentiellement disponibles dans le sud Basse-Terre pour le développement de la canne-énergie se réduiraient aux 200 ha de cannes destinées à la sucrerie. Ce qui ne représente que le 1/4 des 1100 ha nécessaire à l'implantation d'une unité de 10 MW comme prévu dans le « Programme Cann'élec ».

3-4. Conséquences et hypothèses

Puisque les surfaces potentiellement disponibles ne représentent que le 1/4 de la surface nécessaire à l'implantation d'une centrale électrique de 10 MW, il faudrait avoir recours aux parcelles de jachère. Mais dans quelles proportions ? Actuellement, dans le sud Basse-Terre, la jachère, qui représente la période de 2 à 5 ans d'assainissement du sol entre 2 cycles de culture de 7 ans de banane, est déjà utilisée pour la culture de la canne-à-sucre. En effet, sur les 200 ha de cannes destinées à la sucrerie, seul 25 ha sont en monoculture contre 175 ha en jachère de banane (selon des représentants de la profession). Si la totalité de la jachère restante au sud Basse-Terre était allouée au développement de la canne-fibre en plus des 200 ha de canne-à-sucre, les surfaces potentiellement disponibles seraient de 1160 ha, ce qui serait théoriquement suffisant pour l'implantation d'une unité de 10 MW.

Pour mieux comprendre cette disponibilité des surfaces agricoles de la zone sud Basse-Terre, nous avons choisi l'étude de cas de la commune de Capesterre Belle-Eau qui en plus de

recouvrir 50% de la surface agricole de la zone (Tableau 3) possède la meilleure aptitude à la mécanisation (Graphique 13). Les résultats trouvés à Capesterre peuvent donc raisonnablement s'appliquer à la zone sud de Basse-Terre. Dans le Graphique 14, nous avons tenté de représenter schématiquement la répartition spatiale des principales terres agricoles mécanisables. Concernant la canne-à-sucre, le total des surfaces qui est de 330 ha pour la commune de Capesterre Belle-Eau (Tableau 3) a été réparti entre les principales spéculations suite à des entretiens avec plusieurs sources convergentes issues de la profession et des services de l'Etat. La répartition qui approche au plus près de la réalité est :

- la canne rhum couvre 125ha dont 80 en monoculture et 50 en rotation de banane

- la canne destinée à la sucrerie couvre 200 ha dont 25 en monoculture et 175 en rotation de banane

- les bananes doivent suivant la législation respecter une période sans bananes entre deux plantations. Elles sont principalement en rotation de jachère, qui représente environ 80% (soit 960ha) de la surface bananière de la commune et en rotation de canne-à-sucre environ 20% (soit 240ha). Il est à noter que la rotation banane/jachère retenue pour la commune est de 1/3 mais selon certaines sources elle pourrait être de 1/5.

Ces premiers résultats sur une étude de cas de la commune qui comprend les plus grandes surfaces potentiellement disponibles a permis de mieux comprendre l'utilisation de l'espace agricole dans la commune en terme de choix de cultures et d'utilisation de l'espace (répartitions spatiales des cultures à un moment donné), et de rotation (variation de l'utilisation d'une même surface dans le temps). Sur la commune de Capesterre Belle-Eau, en utilisant la totalité de la jachère, il y a environ 540 ha de surfaces agricoles potentiellement disponibles pour le développement de la canne-énergie. Par conséquent, à elles seules, les surfaces agricoles de la commune de Capesterre Belle-Eau ne pourront que très partiellement répondre aux ambitions du projet (une ou plusieurs unités de production de 10MW avec 1100 ha de zone de production) même en ayant recours à toute la jachère. Il faudrait donc également utiliser des surfaces nettement plus faibles (Tableau 3) situées dans les communes de Goyave, Trois-Rivières et Saint-Claude.

La commune de Petit-Bourg n'a pas été intégrée ici, car ne faisant pas partie des communes du sud Basse-Terre. Les terres de cette commune pourraient offrir des surfaces complémentaires pour le projet et donc faire l'objet d'une étude ultérieure de son foncier agricole. Toutefois, si le centre de gravité du programme Canne-énergie est Capesterre-Belle eau, il se pourrait que certaines exploitations de Petit-Bourg se trouvent trop éloignées de ce centre de gravité.



Graphique 14 : Répartition spatiale des 1870 ha de surfaces agricoles de la commune de Capesterre Belle-Eau (Tableau 3). La répartition spatiale est issue de sources diverses (services de l'Etat, association).

De façon plus générale, sur les 2800 à 3400 ha de surface agricole de la zone sud Basse-Terre, quelle superficie supplémentaire de jachère faudrait-il consacrer à la culture de la canne-énergie ? Si la totalité de la jachère ne peut être utilisée, il se pourrait éventuellement que la canne-énergie remplace la banane dans une certaine proportion. Les agriculteurs seraient-ils d'accord ? Si oui, quelle serait cette proportion ? Ces interrogations si déterminantes sont pour l'heure sans réponse. Avant de s'orienter vers cette voie, il faudrait effectuer des études préalables, en particulier, sous forme d'enquête auprès des agriculteurs car, dans tous les cas, la décision finale n'appartiendra qu'aux agriculteurs. Ces derniers, en particulier à travers leurs organisations professionnelles représentatives devraient participer activement à la formation du prix de vente de la canne.

Au cours de cette première partie, nous avons mis en relief les différentes conditions favorables à l'émergence d'une filière canne-énergie. Cette dernière pourrait être bénéfique sous divers aspects :

- d'un point de vue environnemental, le projet Cann'elec favoriserait d'une part l'utilisation à des fins non-alimentaires des sols potentiellement pollués au chlordécone, et contribuerait d'autre part à la réduction des émissions de GES émanant de la production d'électricité, estimés à 1360 mt de CO₂ en 2006 ;

- d'un point de vue énergétique, il permettrait de couvrir une partie de l'augmentation de la consommation d'électricité prévue pour 2020 (augmentation estimée à 2034 GWh en 2020 selon le scénario tendanciel du PRERURE au lieu de 1135 GWh en 2006). De même, le projet devrait contribuer à l'augmentation de la part des EnR dans la production d'électricité (augmentation estimée à 21% en 2020 selon le scénario tendanciel du PRERURE contre 13,6% en 2006) ;

- d'un point de vue économique, il faudrait s'attendre à d'importantes retombées financières rattachées à la phase de construction et d'exploitation de la ou des centrale(s). Le développement de la filière canne-énergie serait également une bonne opportunité pour certains agriculteurs de la zone sud Basse-Terre soucieux de réduire leurs coûts de transport ou de compléter leur revenu.

Cependant, le projet doit d'abord faire face à un obstacle de taille qui est celui des surfaces agricoles potentiellement disponibles pour sa mise en place. Actuellement, il existe de

nombreuses inconnues concernant les surfaces qui pourraient être utilisées. Sur les 2800 à 3400 ha de surfaces agricoles recensés en canne-à-sucre, banane et jachère au sud Basse-Terre, seuls les 200 ha de canne-à-sucre destinés à la sucrerie seraient susceptibles d'être utilisés pour le projet. Ce qui est insuffisant pour l'implantation d'une unité électrique de 10 MW qui nécessite théoriquement 1100 ha. Le recours aux parcelles de jachère et, éventuellement, de banane permettrait d'atteindre la superficie nécessaire à l'implantation d'une unité, mais la décision finale n'appartiendra qu'aux agriculteurs.

Après avoir présenté ces différents aspects environnementaux, énergétiques, économiques et fonciers, nous procéderons dans la partie suivante à une comparaison des caractéristiques énergétiques de la canne-à-sucre et de la canne-fibre. Il sera question d'opérer une distinction entre les procédés de production énergétique appliqués actuellement pour la canne-à-sucre et ceux envisagés pour la canne-fibre. Par ailleurs, il sera également question de calculer le revenu généré par un hectare de cane-à-sucre dans la zone sud Basse-Terre afin d'estimer un prix d'achat de la canne-fibre qui rend intéressante la spéculation pour l'agriculteur.

II. Les principales différences entre la filière canne actuelle et la future filière canne-énergie en termes de caractéristiques énergétiques et de prix d'achat



Produire de l'énergie à partir de la canne, en soi, n'est pas une nouveauté. En effet, il existe de nombreux procédés de transformations de cette catégorie de biomasse, que ce soit en Guadeloupe ou au sein des autres pays producteurs. A proprement parler, l'énergie produite ne provient pas de la canne, mais plutôt de ses résidus issus de la fabrication du sucre, du jus et du rhum soit la bagasse, la mélasse et la vinasse. Le recours à la canne-énergie constitue donc une innovation majeure car la production d'énergie à partir de la canne combustible implique son utilisation totale, allant des tiges aux « bouts blancs » en passant par les pailles. Le développement d'une filière canne-énergie implique également des contraintes en termes de revenus générés par un hectare de canne-énergie. A l'échelle de l'agriculteur c'est une des données essentielles car il faudrait que cette nouvelle filière soit en mesure de lui garantir un niveau de revenu au moins équivalent à celui de la canne-à-sucre. Pour mieux comprendre les différences existantes entre les deux filières en termes de production énergétique, nous présenterons d'une part les différents procédés de production d'énergie issus des résidus de la filière canne existante et d'autre part, les caractéristiques énergétiques envisagées pour la filière canne-énergie. Concernant le revenu, dans l'immédiat, il n'est pas encore possible de calculer de façon exacte le prix d'achat de la canne-énergie qui permettrait d'égaliser le revenu de la canne-à-sucre. En revanche, nous pouvons tenter de l'estimer en partant d'une estimation du revenu de la canne-à-sucre.

Les niveaux de revenu obtenus pour la canne-énergie et la canne-à-sucre seront comparés selon divers scénarios. Pour cela, la démarche en cinq étapes est la suivante :

- 1) calcul du revenu annuel moyen de la canne-à-sucre pour un rendement moyen de 98t/ha en Sud Basse-Terre
- 2) décision (pour rendre attrayante la spéculation) d'avoir une marge de canne-fibre égale à celle de la canne-à-sucre
- 3) calcul d'un prix d'achat de la canne-fibre en t/ha permettant in fine d'avoir un revenu égal à celui de la canne-à-sucre d'abord pour un même rendement de tige usable (mais avec un taux de fibre différent) puis pour des rendements de canne-fibre supérieurs
- 4) simulation de la variation du revenu annuel moyen de la canne-fibre en fonction du rendement
- 5) simulation de la variation du revenu annuel moyen de la canne-fibre en fonction du prix en t/ha

1- L'utilisation des résidus de la filière canne actuelle

Il existe dans le monde de nombreux pays producteurs de canne-à-sucre à l'image du Brésil, de l'Inde, de la Thaïlande, de l'Australie ou encore de la Chine (Tableau 5). La canne-à-sucre produite par ces principaux producteurs ainsi que par d'autres pays moins importants est utilisée principalement à des fins alimentaires pour la production de sucre, de rhum agricole ou industriel et, dans une moindre mesure, de jus. Au cours de la campagne 2009/2010, la production mondiale de sucre s'est élevée à 157 million de tonne dont 78% étaient issus de la canne-à-sucre²⁰. Le rhum qui est l'autre production majeure de la canne-à-sucre est moins répandu que le sucre. En Guadeloupe la production totale de rhum s'est établie en 2009 à un volume global produit de 76 291 HAP (Hectolitres d'Alcool Pur) réparti entre la production de rhum agricole pour un volume produit de 31 370 HAP et la production de rhum de sucrerie avec une production de 44 921 HAP²¹. Cependant, comme nous le verrons au cours de cette section, la production énergétique est un complément voire un substitut de ces productions alimentaires.

1-1. La bagasse comme combustible

L'utilisation de la bagasse en cogénération dans les usines sucrières ou les rhumeries est fréquente. De fait, ce procédé leur permet de produire la chaleur et l'électricité dont elles ont besoin pour le processus de fabrication du sucre et/ou du rhum. Généralement, ce type d'usine est retrouvé au sein des petites îles qui n'ont aucune ressource fossile (Hawaii, La Réunion, l'île Maurice, la Guadeloupe,...) et sur quelques grands territoires producteurs de canne-à-sucre (l'Inde, le Brésil,...).

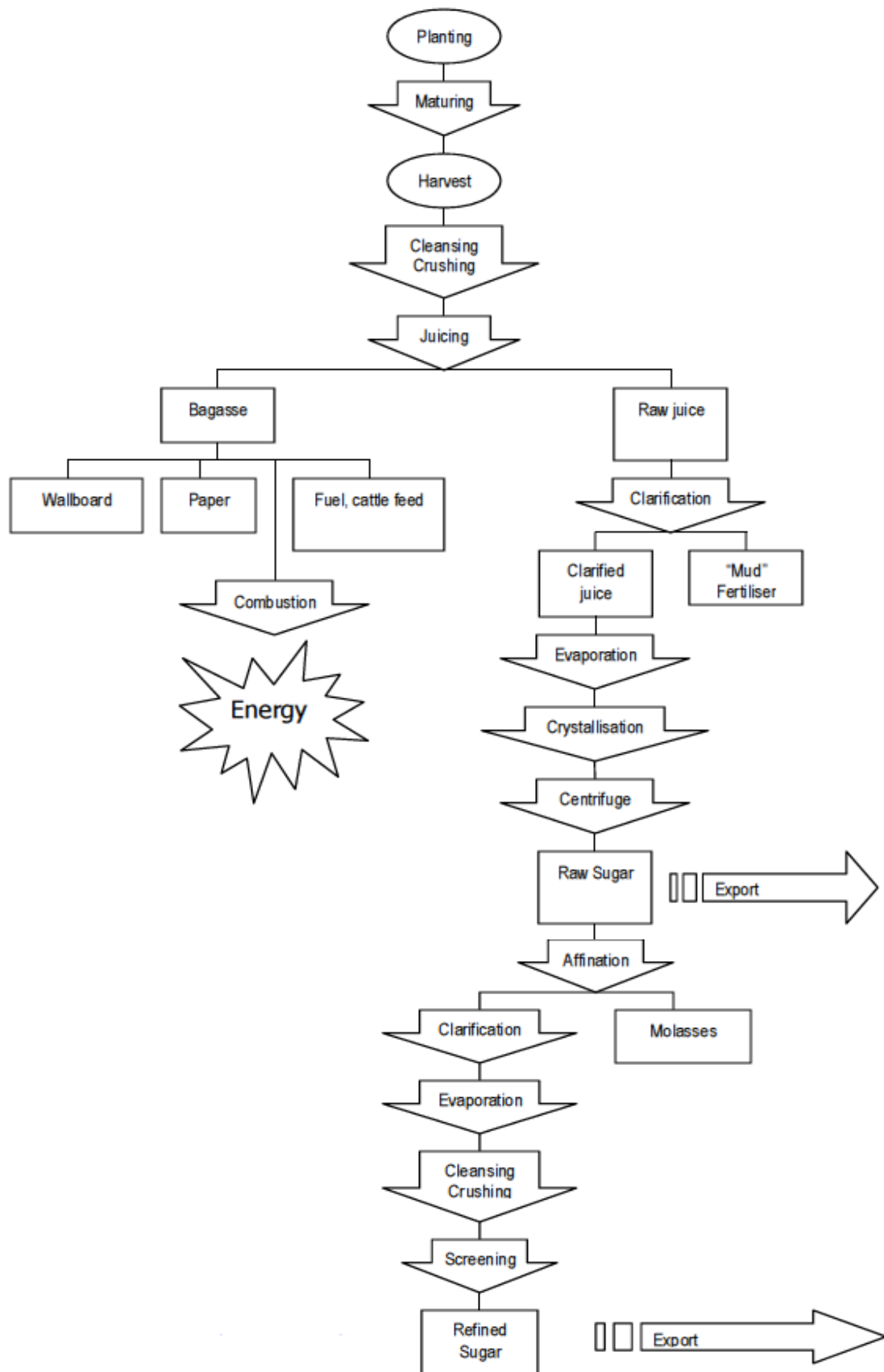
Tableau 5 : Principaux pays producteurs de sucre dans le monde (2003) (Données de la FAO, tableau issu de l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004)

	Area Harvested (Ha)	Production ranking	Yield (tonnes/ha)	Production (tonnes)
Australia	423,000	8	85.13	36,012,000
Brazil	5,303,560	1	73.83	386,232,000
China	1,328,000	3	70.71	93,900,000
Colombia	435,000	7	84.14	36,600,000
Cuba	1,041,200	9	33.33	34,700,000
India	4,300,000	2	67.44	290,000,000
Mexico	639,061	6	70.61	45,126,500
Pakistan	1,086,000	5	47.93	52,055,800
Philippines	385,000	11	67.10	25,835,000
Thailand	970,000	4	76.36	74,071,952
USA	403,390	10	77.29	31,178,130
Other	4,091,132			244,581,738
TOTAL	20,405,343			1,350,293,120
Average			68.53	

²⁰ « Synthèse trimestrielle du marché du sucre », FranceAgriMer, Mars 2010, page 1.

²¹ http://www.odeadom.fr/?page_id=28#monde, site visité le 30 Mai 2011 à 15 h 20.

Souvent, ce sont les problèmes économiques rencontrés par la filière canne-à-sucre, notamment à cause de la volatilité des prix du sucre sur le marché mondial, qui poussent les usines à diversifier leurs activités. En produisant leur propre énergie, les usines réduisent leurs coûts, surtout que la production de sucre (Graphique 15) et de rhum nécessite beaucoup d'énergie, (chaleur et électricité) et elles augmentent également leurs revenus dans la mesure où l'excédent produit sera redistribué sur le réseau domestique. De même, la cogénération-bagasse peut être utilisée pour la réduction des émissions de CO₂ ou encore proposer un bassin d'emploi à la population locale. Ainsi, sur le plan financier, social et environnemental c'est un processus « gagnant-gagnant. La production énergétique issue de la bagasse intervient en aval du processus de fabrication du sucre et du rhum car cette dernière est un sous-produit de la canne-à-sucre. En général, elle représente le 1/4 voire le 1/3 du tonnage de la production de canne-à-sucre livrée à l'usine.



Graphique 15 : *Processus de fabrication du sucre et de l'énergie à partir de la bagasse* (Source « Food Market Exchange et S. Pickering (2000), graphique emprunté à l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004)

Les normes les plus courantes des économistes brésiliens sont 250kg de bagasse par tonne de canne et 50% d'excédent d'énergie par rapport aux besoins industriels (sucre, rhum)²². Sa composition, présentée dans le Tableau 6, lui confère ses propriétés de combustible pour la production d'électricité et/ou de chaleur.

Tableau 6 : Composition de la bagasse (Source : Food Market Exchange, Gollakota & Sobhanbabu (2002) et Ribeiro ; tableau consulté dans l'étude « Bagasse cogeneration –Global review and potential » de A. Morand (Wade) en 2004)

Taux d'humidité (%)	46-52
Teneur en fibre (%)	43-52
Teneur en matières sèches solubles	2-6
Densité en g/m ³	150

Parmi ces composants, le taux d'humidité est sans doute le plus important. Plus ce dernier est élevé, plus il sera difficile de brûler la bagasse et donc plus le rendement obtenu sera faible. O. Chessman a démontré en 2005, dans son livre « *Environmental Impacts of Sugar Production: The Cultivation and Processing of Sugarcane and Sugar Beet* » que si le taux d'humidité de la bagasse passe de 50 à 35-40%, sa valeur calorifique nette passe de 12 à 17% et la chaleur transmise à la vapeur de 9 à 13%. Ainsi, *l'humidité est prise en compte dans les contrats d'achat des centrales bagasse charbon. Un malus est appliqué au-dessus de 50% et un bonus en-dessous*²³. Ce taux d'humidité est d'autant plus important que c'est lui qui va conditionner l'efficacité de la chaudière qui brûle la bagasse avant que la chaleur produite soit récupérée, utilisée telle quelle mais également transformée en électricité pour les besoins de l'usine et de la population (Graphique 16).

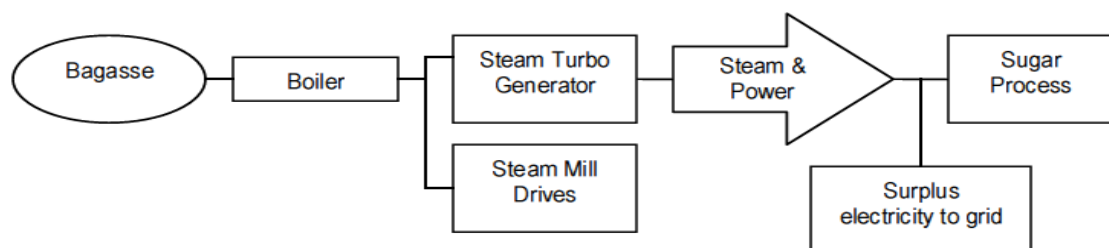
Si l'île Maurice et Hawaii sont les deux pionniers de la cogénération-bagasse depuis 1926-1927, avec respectivement 26% et 10% de leur production électrique issus des usines sucrières, aujourd'hui, le potentiel énergétique de la bagasse s'est étendu à beaucoup d'autres pays. Au Brésil²⁴, le développement de la cogénération-bagasse a commencé vers 1970 au moment du 1^{er} choc pétrolier. Elle représente aujourd'hui environ 3% de la production électrique totale du pays. Ainsi, le potentiel électrique des sucreries est de 12 GW dont 50% (soit 6 GW) proviennent

²² « Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe », Partie I : Situation initiale, D. Pouzet et C. Lejars, 2008, page 27.

²³ Ibid., page 33.

²⁴ « Bagasse Cogeneration – Global review and potential », A. MORAND, WADE, Juin 2004, page 32

du seul Etat de Sao Paulo. A Belize²⁵, chaque unité de cogénération utilisant la bagasse peut distribuer entre 18 et 20 MW d'électricité au réseau national durant la saison cannière. En Guadeloupe²⁶, le gisement de bagasse a été estimé à 225 000t en 2010 dont 90% proviennent des sucreries et 10% des distilleries. La grande majorité de cette bagasse est utilisée par la CTM qui la valorise sous forme de vapeur et d'électricité. En moyenne, la centrale produit annuellement 360 à 400 GWh d'électricité à partir de la bagasse, en complément d'une production de 975 à 1240 GWh issues du charbon. Une partie de la production électrique obtenue à partir de la bagasse, environ 65 GWh/an soit 4% de la consommation électrique de la Guadeloupe, est redirigée sur le réseau domestique. A la distillerie Bologne, la bagasse obtenue après broyage de la canne-à-sucre permet de produire par heure 14t de chaleur qui servira à une production annuelle de 600 MWh d'électricité à l'aide d'un turboalternateur de 590 kW. La distillerie consomme pour ses propres besoins une partie de cette production et les 500 MWh restant sont injectés sur le réseau. La puissance totale de l'unité électrique est de 0,5 MW et l'énergie produite nécessite 200 ha de zone de production. Cette liste d'exemple n'est bien évidemment pas exhaustive, mais elle est représentative du potentiel de la cogénération-bagasse développée actuellement.



Graphique 16 : *Processus de production de l'énergie à partir de la bagasse (Graphique issu de l'étude « Bagasse Cogeneration – Global review and potential », A. MORAND, WADE, Juin 2004)*

1-2. Valorisation de la mélasse sous forme d'éthanol

Les raisons d'une filière de production énergétique à partir de la mélasse sont les mêmes que pour la bagasse. A savoir, la réduction des émissions polluantes notamment le CO₂, un bassin d'emplois pour la population locale et un certain degré d'indépendance énergétique. La mélasse,

²⁵ Ibid. page 36.

²⁶ « Valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe : État des lieux et perspectives », Bird & Bird, Explicit, CTSB, Huglo Lepage Associés Conseil, Région Guadeloupe, Septembre 2010, page 16,17, 35, 36 et 37.

résidu visqueux retrouvé dans les cuves après extraction du sucre, peut être valorisée sous forme de biocarburant, plus particulièrement d'éthanol. Elle est composée essentiellement de matières sèches (environ 70%), de saccharose (environ 30%) mais également de potassium et de calcium (Tableau 7). Généralement, les caractéristiques varient selon la zone géographique. En effet, *en Amérique du sud la mélasse est généralement riche en sucres fermentescibles, en calcium, en matières sèches et en acidité ; à la Caraïbe elle est normale en calcium et acidité mais riche en sucres fermentescibles ; en Amérique Centrale les sucres fermentescibles sont plus modérés, l'acidité est moyenne et la teneur en caramel est élevée ; en Afrique la mélasse est riche en sucres fermentescibles, faible en calcium et boues et normal en acidité ; en Asie du sud-est elle est également riche en sucres fermentescibles, riche en acidité et la teneur en caramel est élevée ; au nord et au sud de l'Inde, la teneur de la mélasse en sucres fermentescibles est faible, la teneur en acidité et en caramel est élevée*²⁷.

Tableau 7 : *Composition moyenne de la mélasse (Tableau issu de l'étude « Economies d'énergie : utilisation de la bagasse dans l'industrie sucrière », Sucrivoire)*

Matières sèches (MS) (%)	73
Matières minérales (% MS)	14
Matières azotées (%MS)	6
Saccharose (%)	30
Calcium (g/kg MS)	7,4
Phosphore (g/kg MS)	0,7
Potassium (g/kg MS)	40

Pour avoir une idée du potentiel de production d'éthanol à partir de la mélasse : *400 000t de cannes produisent 20 000t de mélasse. Avec 20 000t de mélasse on obtient 3 500t d'éthanol. La masse volumique de cet éthanol est de : 0,794 Kg/L. Le volume d'éthanol avec les 20 000t de mélasse est de : 4 400 000 L*²⁸. Outre cet éthanol produit exclusivement à partir de la mélasse (deuxième extraction), il est également possible d'obtenir de l'éthanol directement à partir du jus de canne c'est-à-dire lors de la première extraction. La différence de rendement entre les deux méthodes est significative. En effet, 10L d'éthanol sont extrait de 40 kg de mélasse produite elle-même par 1t de canne tandis que, pour une même production de canne,

²⁷ « Ethanol from cane molasses », Jayant Godbole, Novembre 2002, page 10.

²⁸ « Economies d'énergie : utilisation de la bagasse dans l'industrie sucrière », Sucrivoire.

70L d'éthanol sont produit à partir du jus de canne (soit un rendement 7 fois supérieur)²⁹. De cette façon, le producteur peut passer d'une production à l'autre en fonction des prix du marché et des revenus qu'il souhaite.

Au Brésil, la production d'éthanol débuta dans les années 70 avec le 1^{er} choc pétrolier et s'intensifia lors du 2^{ème} choc pétrolier. A cette période (entre 1975 et 1979), la production d'éthanol n'a cessé d'augmenter passant de 580 000 m³ à 3 676 000 m³ avant même d'atteindre 11,7 milliard de litres en 1985³⁰. L'éthanol y est fréquemment produit à partir du jus de canne. En Guadeloupe, la production de mélasse se situe aux alentours de 35 000 à 40 000t/an. Une grande partie de cette mélasse (environ 23 000t) est transformée en rhum industriel tandis que l'excédent est exporté sur le marché international et servira à l'alimentation animale, à la production d'alcool ou à d'autres produits de fermentation. Ces excédents de mélasse (environ 13 000t) actuellement exportés pourraient permettre une production locale de 3000t d'éthanol soit environ 3800 m³. Ce volume permettrait de couvrir 3 à 4% de la consommation de carburant de la Guadeloupe³¹.

1-3. Méthanisation de la vinasse

Les vinasses sont les rejets de la distillation effectuée au cours du processus de fabrication du rhum. *La distillation industrielle à partir de mélasse engendre d'importants rejets : de 950 à 1900 kg de rejets par mètre cube d'alcool pur produit. Pour le rhum agricole, les rejets sont de l'ordre de 250 kg par mètre cube d'alcool seulement³². Sur l'île de La Réunion,...la production d'un litre d'alcool implique la coproduction de 10 L de vinasse. Ce sont donc 230 000 tonnes de vinasse qu'il faut désormais traiter par an sur l'île de La Réunion³³.* De même que, chaque année en Guadeloupe, *la distillation rhumière génère d'importants rejets, de l'ordre de 16 à 18 litres de vinasses par litre d'alcool pur (a.p.) produit pour la distillation de rhum industriel (issu des mélasses de sucrerie), et entre 22 et 23 litres de vinasses par litre a.p. produit pour la distillation du rhum agricole (issu du jus de canne à sucre)³⁴.* La production totale de vinasse en Guadeloupe en 2009 a donc été estimée à 69 000m³ pour les distilleries agricoles et 75 000 m³ pour les distilleries industrielles³⁴. Avant d'être éliminées ou traitées, ces vinasses ont été utilisées

²⁹ "An Assessment of the Biofuels Industry in India", J. Gonsalves, Octobre 2006, page 15.

³⁰ « Le Brésil et les biocarburants, l'internationalisation d'un enjeu énergétique par le Sud », A.S Alsif, 2010, page 2.

³¹ « Valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe : État des lieux et perspectives », Bird & Bird, Explicit, CTSB, Huglo Lepage Associés Conseil, Région Guadeloupe, Septembre 2010, page 19.

³² <http://www.lameca.org/dossiers/canne/14.htm>, « Les dérivées de la vinasse et des boues », site visité le 1^{er} Mai 2011 à 12h 30.

³³ « Caractéristiques chimiques et technologiques des vinasses de distilleries traitées par *Aspergillus niger* », M. Watson, L. Corcodel, L. Dufossé, T. Petit, page 1.

³⁴ « Valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe : État des lieux et perspectives », Bird & Bird, Explicit, CTSB, Huglo Lepage Associés Conseil, Région Guadeloupe, Septembre 2010, page 28.

principalement pour faire de l'épandage. Cependant, il faut prendre des précautions car sans traitement préalable, elles peuvent polluer les sols et les cours d'eau, en plus de leur odeur nauséabonde. Un certain nombre d'étude ont permis de démontrer que cette catégorie d'effluents pouvait servir à la production de bioéthanol ou de biogaz pouvant être utilisé comme combustible. En Guadeloupe, à la distillerie Bologne, les vinasses sont transformées en biogaz par le procédé de méthanisation grâce à un méthaniseur de 2000 m³ de volume utile. Au final, le biogaz obtenu après traitement de tous les effluents est ensuite transformé à son tour en électricité grâce à un groupe électrogène de 190 kW qui permet de produire environ 650 MWh/an³⁵. La SIS Bonne-Mère fait également partie des distilleries qui valorisent la vinasse sous forme énergétique. Au sein de cette distillerie, 15 000 m³ de vinasses sont méthanisées dans deux digesteurs de 5 500 m³³⁶. Le biogaz ainsi obtenu, après sa combustion dans une chaudière de 8,9 MW de puissance technique, permet de produire la chaleur nécessaire au fonctionnement de la distillerie.

2- La canne-énergie : passé et présent

A Porto Rico, à la fin des années 60 et au début des années 70, le gouvernement est obligé de racheter les terrains et les usines de la filière canne à cause des difficultés économiques rencontrées par cette dernière. Son déclin s'apparente essentiellement aux coûts de production très élevés qui sont, eux-mêmes, les conséquences de divers facteurs tels que le manque de main d'œuvre, la résistance à la mécanisation, la réglementation agricole, la mauvaise gestion du matériel industriel ou encore la faible qualité du sucre produit³⁷, pour ne citer que ces exemples. Ce contexte a été favorable à l'apparition, en 1976 à Porto Rico, d'un corpus théorique visant à concevoir la canne-à-sucre en tant que ressource énergétique (avènement du concept de « canne-énergie »). Cette nouvelle utilisation envisagée pour la canne est perçue comme une alternative économique intéressante pour les acteurs de la filière.

2-1. Les résultats du projet Hatillo mené à Porto Rico

Afin de démontrer la faisabilité d'une utilisation de la canne à des fins énergétiques, une phase de recherche agronomique a eu lieu en 1981 avec le projet Hatillo. Il est à noter que ce dernier tire son nom de la zone géographique où il a été implanté : la municipalité d'Hatillo située au nord-ouest de Porto Rico. Une surface agricole de 10ha³⁸ mécanisables a été sélectionnée et préalablement préparée (fauchées, labourées,...) pour la réalisation du projet.

³⁵ Ibid. page 37.

³⁶ Ibid. page 29.

³⁷ "Can energy cane stem the tide?", R. Gottfried, Social and economic studies, Volume 36, No.3, 1987, page 179.

³⁸ Données en « acres » convertit en « hectare » grâce au convertisseur en ligne www.unitjuggler.com.

Deux variétés de cannes ont été sélectionnées pour effectuer les tests : la PR 980 et l'US 67-22-2. La 1^{ère} qui est la variété la plus répandue à Porto Rico, considérée comme une canne-énergie de 1^{ère} génération, a été plantée sur une superficie d'environ 8ha dans des conditions de production intensive. Cette même variété a été plantée sur une surface de 1ha dans les conditions de production habituelles de la canne-à-sucre, en tant que témoin. La 2^{ème} variété, l'US 67-22-2, moins connue mais néanmoins réputée pour ses rendements élevés, considérée comme une canne-énergie de 2^{ème} génération, a été plantée sur environ 1ha. Les deux variétés de canne-énergie ont été plantées dans les mêmes conditions de production à savoir que la même technique d'irrigation, les mêmes engrais et herbicides leurs ont été appliqués. La seule différence concerne la plantation elle-même qui est en double rang pour la PR 980 et en simple rang pour l'US 67-22-2. La parcelle témoin de PR 980 n'a pas été irriguée. A partir du 6^{ème} mois de plantation, tous les 3 mois le rendement et la qualité des cannes de chaque parcelle ont été contrôlés et ce, jusqu'au 18^{ème} mois, avant la récolte. Dans ces conditions, l'US 67-22-2 est la variété qui présente les rendements les plus élevés entre 12 et 18 mois, de l'ordre de 50t/ha³⁸ en moyenne alors que sur la même période, les rendements sont de 41t/ha³⁸ en moyenne pour la PR 980 cultivée sous forme intensive et de 33t/ha³⁸ pour la PR 980 témoin (Tableau 8).

Tableau 8 : Rendement en t/ha de la PR 980 témoin, de la canne-énergie PR 980 et de l'US 62-22-2 à 12 et 18 mois lors du projet Hatillo (Porto Rico) (données en « acres » de l'étude « The production of energy cane in Puerto Rico : The Hatillo project » (George Samuels, Alex G. Alexander, C. Rios and M. Garcia) converties en « hectare ». La moyenne a été calculée à partir de cette même étude)

Traitement	Rdt en t/ha ³		
	12 mois	18 mois	Moyenne
PR 980 témoin ¹	30	36	33
Canne-énergie (PR 980) ²	38	43	40
Canne-énergie (US 67-22-2) ²	50	50	50

¹ PR 980, pratique commerciale, non-irriguée

² Canne-énergie, irriguée

³ Biomasse résiduelle exclue (c'est-à-dire rendement en tiges usinables)

De plus, l'US 67-22-2 est également la variété qui produit le plus de matières sèches (MS) avec en moyenne 20t/ha de MS entre 12 et 18 mois. Ce niveau de rendement est nettement supérieur à la PR 980 cultivée en tant que canne-énergie et à la PR 980 témoin qui sont plus proches l'une de l'autre avec respectivement 14t/ha et 12t/ha de MS en moyenne sur la même

période (Tableau 9). Outre ces deux premières caractéristiques, l'US 67-22-2 possède deux autres qualités essentielles pour une canne cultivée à des fins énergétiques :

-un nombre élevés de tiges, de l'ordre de 18 400 tiges/ha les six premiers mois à 36 080 tiges /ha le 15^{ème} mois ;

-un tonnage important de biomasse résiduelle qui s'élève à 9t/ha au bout de 12 mois et à 12t/ha au bout de 18 mois.

Une explication plus détaillée sera fournie ultérieurement sur l'importance de ces paramètres, plus particulièrement pour la biomasse résiduelle.

Tableau 9 : *Production de matières sèches pour la PR 980 témoin, de la canne-énergie PR 980 et de l'US 62-22-2 à 12 et 18 mois lors du projet Hatillo (Porto Rico) (données en « acres » de l'étude « The production of energy cane in Puerto Rico : The Hatillo project » (George Samuels, Alex G. Alexander, C. Rios and M. Garcia) converties en « hectare ». La moyenne a été calculée à partir de cette même étude)*

Traitement	Rdt en t/ha ³		
	12 mois	18 mois	Moyenne
PR 980 témoin ¹	12	12	12
Canne-énergie (PR 980) ²	13	15	14
Canne-énergie (US 67-22-2) ²	20	20	20

¹ PR 980, pratique commerciale, non-irriguée

² Canne-énergie, irriguée

³ Biomasse résiduelle incluse

2-2. Les données agronomiques actuelles

Cette brève présentation des résultats du projet Hatillo permet de souligner deux aspects importants liés à la canne-énergie que nous n'avons pas détaillé auparavant. Premièrement, la canne-énergie (US 67-22-2 par exemple) se distingue de la canne-à-sucre (PR 980 par exemple) suivant des caractéristiques liées non seulement au rendement et à la matière sèche, mais également au nombre de tige et à l'importance de la biomasse résiduelle. Deuxièmement, une variété de canne, cultivée habituellement pour la production de sucre, peut être également cultivée exclusivement à des fins énergétiques et donc, en tant que canne-énergie. La distinction s'opère au niveau des techniques de production comme dans l'exemple du projet Hatillo. La PR

980 présente des résultats différents en termes de rendements et de matières sèches entre autres, parce qu'elle a été cultivée dans des conditions de productions différentes. Ce qu'il faut comprendre par-là, c'est qu'il n'existait pas au moment du projet, ni aujourd'hui d'ailleurs, de variété « canne-énergie » au sens propre du terme mais que ce sont soit des variétés de canne-à-sucre qui sont cultivées dans des conditions spécifiques, soit des variétés de canne-à-sucre dont la composition chimique diffère des variétés habituelles comme pour l'US 67-22-2.

Cet exemple a été présenté à titre d'illustration car il est évident que depuis la réalisation du projet Hatillo (plus de 30 ans), l'amélioration des techniques agricoles permettent d'obtenir aujourd'hui des rendements très nettement supérieurs à ceux présentés pour la canne-à-sucre (PR 980 témoin), comme pour la canne-énergie. Des données plus récentes³⁹ concernant ces différents aspects sont fournies par le Tableau 10. Il s'agit d'une comparaison entre une variété de canne cultivée pour la production de sucre et des variétés cultivées à des fins énergétiques issus de recherches effectuées en Louisiane et à la Barbade. Les résultats obtenus concernent les tiges usinables, c'est-à-dire les tiges sans leurs extrémités.

Tableau 10 : *Comparaison de la composition chimique d'une canne cultivée pour le sucre et de diverses variétés de canne cultivée pour la fibre (Source : Rao, 2007 ; Giamalva et al. 1984 ; Clarke et Giamalva, 1986 ; Clarke et Keenlside, 1986 ; tableau consulté dans l'« Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe, Partie I : Situation initiale », de C. Lejars et D. Pouzet (2008))*

	Commercial	Fibre				
Variété	CP65-357	B77602	WI87718	WI79460	WI181456	SP79-1002
Rdt tc/ha	50	77,6	59,7	112,2	125,4	169
Fibre %	13,4	14,8	18	26,9	23,9	28
Pol %	14	17,3	16,6	9,3	8,9	8,4
Brix %	16,2	19,4	18,5	14,2	12,2	11,1
MS %	29,6	34,2	36,5	41,1	36,1	39,1

Ces données confirment les résultats du projet Hatillo. En effet, la variété commerciale présente des rendements en t/ha inférieur à toutes les variétés fibreuses qui, elles, peuvent dépasser, dans certains cas (SP79-1002), plus de trois fois le rendement d'une variété cultivée pour la production de sucre. Le même constat est effectué au niveau de la teneur en fibre qui

³⁹ « Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe, Partie I : Situation initiale », C. Lejars et D. Pouzet, 2008, page 33.

peut être deux fois plus élevés pour certaines variétés fibreuses comparé à la variété commerciale. Généralement, la canne-à-sucre contient environ 30% de MS, comme présenté dans le tableau, ce qui signifie un taux d'humidité de 70%. Dans le cas de la canne-fibre, cette répartition devrait être davantage de 40% de MS et 60% d'humidité et ce, dans le meilleur des cas. Cette répartition entre les deux paramètres est très importante pour la combustion (section 1.1 La bagasse comme combustible) de la canne-fibre et c'est la raison pour laquelle les variétés fibreuses doivent avoir une teneur en MS supérieure à celle de la canne-à-sucre.

Quelques mots sur la signification du nom des variétés

-Le nom de chaque variété de canne est composé de lettres et de chiffres. Les lettres font référence au lieu d'origine de la variété (pays, région ou station) alors que les chiffres désignent l'année de semis ou de première sélection et le numéro d'ordre.

-Exemples : CP65-357 désigne une variété de canne créée à Canal Point (Floride), plantée en 1965 et homologuée en tant que 357^{ème} variété de la zone.

En Guadeloupe, il y a beaucoup de variétés « B » et « R », c'est-à-dire provenant soit de la Barbade, soit de la Réunion.

Dans la pratique, pour faciliter leur récolte, les canne-à-sucre sont parfois brûlées sur pieds. Une telle pratique est à proscrire pour la récolte de la canne-fibre dans la mesure où elle serait à l'origine d'une perte importante de biomasse résiduelle (gainés, feuilles, extrémités des tiges,...). En effet, il ne faut pas oublier que la canne-fibre est destinée à être brûlée entièrement, ce qui signifie qu'il faut utiliser toute la production, de la tige aux feuilles en passant par les matières solubles.

3- Calcul du revenu généré par un hectare de canne-à-sucre dans la zone sud Basse-Terre

En vue du calcul du revenu généré par la canne-à-sucre dans la zone sud Basse-Terre, les données utilisées seront adaptées aux spécificités de la zone, à savoir que les richesses saccharines sont basses (environ 6-7%) et les tonnages par hectare sont plus élevés (environ 90-130t) que ceux des autres bassins cannières. Ces deux données seront issues de l'exploitation du FROMAGER (Capesterre) qui est une exploitation représentative du milieu. Pour effectuer nos calculs, nous avons également émis l'hypothèse que l'agriculteur est détenteur de son terrain. Ainsi, il ne supporte pas de coût de location.

3-1. Les produits liés à la production de la canne-à-sucre

Le calcul du revenu généré par un hectare de canne à sucre passe par la reconstitution des charges et produits qui interviennent lors de la plantation de la canne jusqu'à sa livraison à l'usine. La quasi-totalité des données qui seront utilisées proviennent de la SICAGRA. Néanmoins, comme il a été précisé, certaines de ces données ont été adaptées pour être conformes aux spécificités de la zone sud Basse-Terre. Ainsi, nous avons également empruntés quelques données clés à l'étude de C. Lejars et D. Pouzet⁴⁰. Les données en question sont :

-les tonnages à dire d'acteur pour un cycle de culture de 5 ans et 5 récoltes ;

	1 ^{ère} coupe	1 ^{er} rejeton	2 ^{ème} rejeton	3 ^{ème} rejeton	4 ^{ème} rejeton	Moyenne
Rendement/ha	110	120	90	90	80	98

-le prix moyen payé par l'usine pour une richesse saccharine (RS) d'environ 7% : 26,42€ pour une tonne de canne commerciale (tc) (tiges propres sans extrémités).

Après ces quelques précisions, nous allons maintenant présenter de façon détaillée les différents postes de produits et de charges liés à la plantation, l'entretien, la récolte et la vente de la canne-à-sucre.

Concernant les produits, ils se décomposent essentiellement en deux postes qui sont :

-la vente de la canne à l'usine dont le prix dépend du rendement en tonne et de la RS;

-les différentes aides publiques octroyées au planteur selon les contraintes du transport de la canne ou des handicaps naturelles entre autres.

Le tableau 3 récapitule tous les produits que nous avons pris en compte pour obtenir le montant total brut des revenus du planteur. La méthode de calcul de chacun de ces montants a ensuite été détaillée.

⁴⁰ « Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe, Partie I : Situation initiale », 2008, page 18.

Tableau 11 : Produits de la canne-à-sucre pour un prix payé par l'usine de 26,42€/tc (RS 7%)

Coupe	1	2	3	4	5	Moyenne
I/ VENTES DE CANNES	2 906	3 170	2 378	2 378	2 114	2 589
<i>Rdt t/ha avec 20% de matières sèches</i>	<i>110</i>	<i>120</i>	<i>90</i>	<i>90</i>	<i>80</i>	98
II/AIDES PUBLIQUES	5 681	4 793	3 632	3 632	3 245	4 197
<i>Aide à la replantation</i>	<i>1 275</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	255
<i>AGP (Aide à la garantie de prix : 23,81€ jusqu'à 1500t puis 22,84€</i>	<i>2 619</i>	<i>2 857</i>	<i>2 143</i>	<i>2 143</i>	<i>1 905</i>	2 333
<i>Aide au transport</i>	<i>537</i>	<i>586</i>	<i>439</i>	<i>439</i>	<i>390</i>	478
<i>Indemnité Compensatoire de Handicap Naturel (150€/ha)</i>	<i>150</i>	<i>150</i>	<i>150</i>	<i>150</i>	<i>150</i>	150
<i>Prime bagasse (10€/t de canne livrée en sucrerie)</i>	<i>1 100</i>	<i>1 200</i>	<i>900</i>	<i>900</i>	<i>800</i>	980
III/ AUTRES PRODUITS	/	/	/	/	/	/
TOTAL PRODUITS	8 587	7 963	6 010	6 010	5 359	6 786

-Quelques précisions sur les calculs :

-ventes de cannes = Rdt t/ha * 26,42

-l'aide à la replantation est donnée en une seule fois. Elle se décompose en fourniture d'engrais et de main-d'œuvre (448€/ha), fourniture d'herbicides (300€/ha) et fourniture des boutures de canne-à-sucre (952€/ha). Le montant effectivement remis aux planteurs représente 75% de la somme totale, soit 1275€/ha.

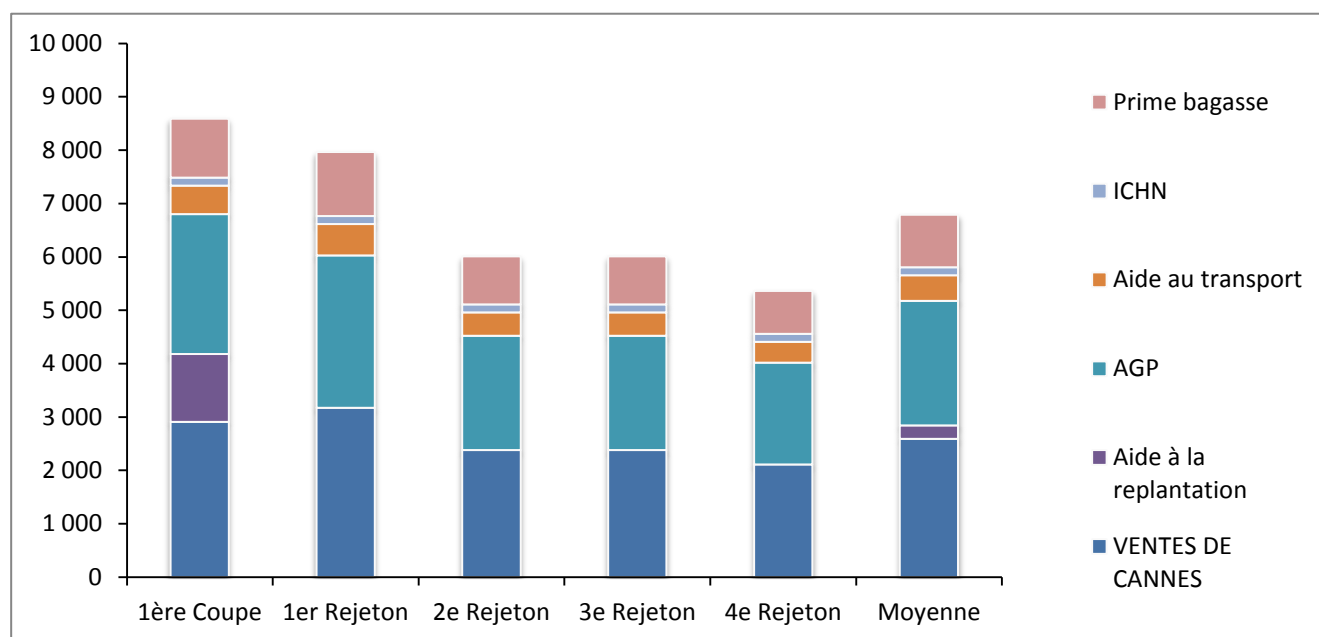
-AGP = Rdt t/ha * 23,81

-l'aide au transport prend en compte les coûts d'acheminement des cannes vers les centre de réception. Par conséquent elle varie selon deux paramètres qui sont la zone géographique de l'exploitation et le tonnage livré.

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
0-8 km du centre	8-16 km du centre	> 16 km du centre	> 24 km du centre (Extrême Nord-Grande-Terre)

Le sud Basse-Terre est situé en zone 3, en 2010 le montant de l'aide au transport affecté à la zone était environ de 4,88€/tc⁴¹.

$$\text{Aide au transport} = \text{Rdt t/ha} * 4,88$$



Graphique 17 : Synthèse des produits de la canne-à-sucre

⁴¹ Donnée fournie par la DAAF.

3-2. Les charges liées à la production de canne-à-sucre

Les charges liées à la culture de la canne-à-sucre proviennent, quant à elles, de l'achat d'intrants et de matériel végétal mais aussi de l'utilisation de main-d'œuvre et de machines pour la préparation du terrain, la plantation, l'entretien et la récolte de la canne. La grande majorité de ces coûts est fixé par les CUMA qui sont les prestataires de services (ils peuvent varier d'une CUMA à l'autre). Ils sont fonction de la surface à travailler mais également du nombre de bouture plantée. En effet, si la pratique la plus courante est de planter 8 t/ha certains agriculteurs vont jusqu'à 12t/ha ce qui augmente certains postes de dépense, plus précisément l'achat d'intrants et de matériel végétal et les coûts de la plantation. Les coûts que nous présenterons ont été calculés selon l'hypothèse la plus courante de 8t/ha. Il est également nécessaire de préciser que certains de ces coûts, notamment ceux qui se rattachent aux engrais et herbicides, ont fait l'objet d'une inflation annuelle de 5% car, à dire d'acteur, leur prix ont augmentés continuellement ces dernières années. La partie variable des charges est issue des frais de récolte qui dépendent du rendement obtenu par l'agriculteur. Ainsi, la cotisation à l'IGUACANNE dépend du tonnage de canne livrée à l'usine ; la coupe mécanique dépend du tonnage de cannes coupées de même pour le transport qui lui dépend en plus de l'éloignement du bassin cannier. Les tableaux suivants récapitulent le montant des charges subit par le planteur (Tableau 12/13) ainsi que leur méthode de calcul si nécessaire.

Tableau 12 : Tableau d'amortissement de la canne-à-sucre (€/ha)

Préparation de sol	427
<i>Labours croisé</i>	<i>267</i>
<i>Sillonage</i>	<i>69</i>
<i>Pulvérisage</i>	<i>91</i>
Plantation	610
<i>Coupe des plants</i>	<i>122</i>
<i>Chargement manuel</i>	<i>61</i>
<i>Transport</i>	<i>91</i>
<i>Déchargement</i>	<i>61</i>
<i>Plantation manuelle</i>	<i>122</i>
<i>Tronçonnage des sillons</i>	<i>91</i>
<i>Recouvrement</i>	<i>61</i>
Achats de Plants	402
TOTAL	1439
Somme à amortir sur 5 ans	288

Tableau 13 : Charges de la canne-à-sucre (RS 7%)

Coupe	1	2	3	4	5	Moyenne
III/ ACHAT INTRANTS & MATERIEL VEGETAL	888	823	860	899	940	882
<i>Engrais d'entretien NPK</i>	<i>588</i>	<i>617</i>	<i>648</i>	<i>681</i>	<i>715</i>	650
<i>Herbicides de pré-émergence</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	20
<i>Herbicides de post-émergence</i>	<i>160</i>	<i>165</i>	<i>170</i>	<i>175</i>	<i>180</i>	170
<i>Herbicides de balise</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>42</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	42
IV/ PRESTATION ENTRETIEN	213	218	222	227	231	222
<i>Herbicides</i>	<i>107</i>	<i>109</i>	<i>111</i>	<i>113</i>	<i>116</i>	111
<i>Engrais</i>	<i>53</i>	<i>54</i>	<i>56</i>	<i>57</i>	<i>58</i>	56
<i>Sarclage mécanique</i>	<i>53</i>	<i>54</i>	<i>56</i>	<i>57</i>	<i>58</i>	56
V/ FRAIS DE RECOLTE	2 140	2 334	1 751	1 751	1 556	1 906
<i>Coupe mécanique</i>	<i>1 169</i>	<i>1 276</i>	<i>957</i>	<i>957</i>	<i>850</i>	1 042
<i>Transport</i>	<i>860</i>	<i>938</i>	<i>704</i>	<i>704</i>	<i>626</i>	766
<i>Cotisation</i>	<i>110</i>	<i>120</i>	<i>90</i>	<i>90</i>	<i>80</i>	98
VI/ AUTRES CHARGES (coûts du foncier,...)	/	/	/	/	/	/
TOTAL CHARGES (III+IV+V+VI)	3 241	3 375	2 833	2 876	2 727	3 010

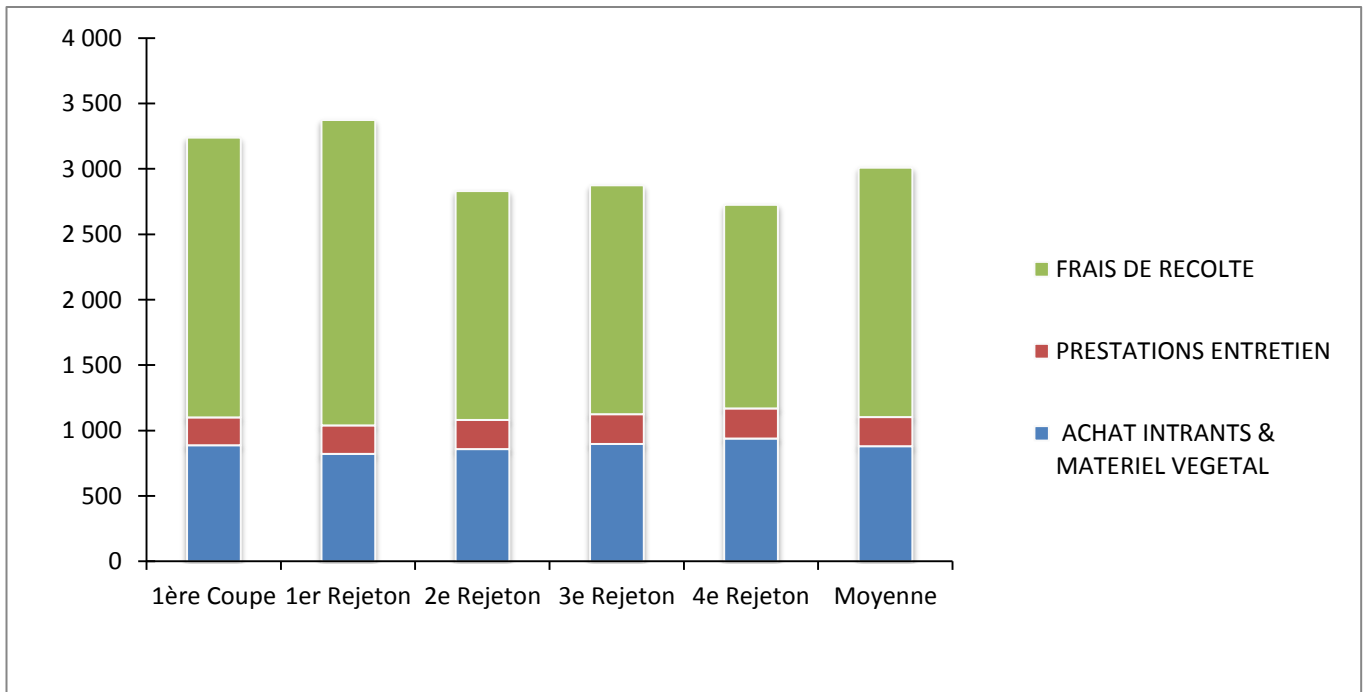
-Quelques précisions sur les calculs :

- coupe mécanique = Rdt t/ha * 10,63⁴²

-le coût du transport pour une exploitation située en zone 3 est de 7,82€/t de canne transportée². Ainsi, transport = Rdt t/ha * 7,82

-la cotisation, versée au profit de l'IGUACANNE, se décompose en deux tranches. Au total, l'IGUACANNE perçoit 1,45€ /t de canne livrées à l'usine dont 1€ symbolique pour son fonctionnement et 0,45 centimes d'€ pour la prime bagasse. A chacune de ces sommes, la part du planteur est de 2/3 et celle de l'usine 1/3. Ainsi, en arrondissant le planteur verse 1€ / t de canne livrée à l'usine (= 0,67 + 0,3)

⁴² Données fournies par la Chambre d'Agriculture ; « Grille tarifaire des prestations de récolte (Campagne 2010) ».



Graphique 18 : Synthèse des charges de la canne-à-sucre

3-3. La marge directe

En tenant compte des produits et des charges, la marge directe de la canne-à-sucre est fournie par le Tableau 14 :

Tableau 14 : Marge directe de la canne-à-sucre pour un prix de 69€/ tc (26,42€/ tc payé par l'usine (RS 7%) et 43€/tc d'aides publiques en vigueur pour la campagne 2010)

	1	2	3	4	5	Moyenne
Rdt t/ha	110	120	90	90	80	98
<i>Ventes cannes</i>	2 906	3 170	2 378	2 378	2 114	2 589
<i>Aides publiques</i>	5 681	4 793	3 632	3 632	3 245	4 197
<i>Autres produits</i>	/	/	/	/	/	/
TOTAL PRODUITS	8 587	7 963	6 010	6 010	5 359	6 786
<i>Achats</i>	888	823	860	899	940	882
<i>Entretien</i>	213	218	222	227	231	222
<i>Récolte</i>	2 140	2 334	1 751	1 751	1 556	1 906
<i>Autres charges</i>	/	/	/	/	/	/
TOTAL CHARGES	3 241	3 375	2 833	2 876	2 727	3 010
Marge brute	5 346	4 588	3 177	3 134	2 632	3 775
<i>Amortissement</i>	288	288	288	288	288	288
Marge directe	5 058	4 300	2 889	2 846	2 344	3 488

Le revenu total de l'agriculteur, selon nos hypothèses de calculs (rendements élevés, RS basse, absence de coût de location), est en moyenne d'environ 3500€ /ha/an, soit un revenu de 36€ par tonne de canne.

4- Calcul d'un prix d'achat de la canne-fibre avec des hypothèses d'égalités du revenu annuel moyen et du rendement de la canne-à-sucre

Pour calculer un prix d'achat de la canne-fibre, un certain nombre d'hypothèses seront émises. Ces dernières font essentiellement référence aux niveaux de rendements, supposés égaux à ceux de la canne-à-sucre dans un premier puis supérieur dans un second temps, ou aux charges avec notamment une réduction du coût de transport pour la canne-fibre grâce à la réduction prévisible des distances de livraison. De plus, nous supposons que si les agriculteurs décident de cultiver de la canne-énergie, il faudrait que cette dernière soit en mesure de leur fournir un revenu au moins identique à celui de la canne-à-sucre. Par conséquent, nous avons fixé le revenu annuel moyen de la canne-fibre à 3500€/ha/an comme prévu au point 2) de la démarche. Tous les calculs concernant la canne-fibre ont été faits en partant de rendements évalués en tiges usinables (matières fraîches (MF)) comme la canne-à-sucre et avec une teneur en fibre supposée supérieure mais qui n'a pas été prise en compte dans les calculs. Ceci a permis de faciliter les comparaisons canne-à-sucre/canne-fibre. Des calculs plus sophistiqués pourront être fait en raisonnant sur la production de fibres mais pour le moment on ne dispose pas de données locales concernant la teneur en fibre et le prix payé à la tonne de fibre.

4-1. Détermination d'un prix d'achat de la canne-fibre

Le prix d'achat de la canne-fibre dépend de quatre facteurs principaux. Il s'agit du rendement en tonnes par hectare, du revenu en hectare par an, des aides publiques et du coût de transport. Même si les tests agronomiques semblent indiquer que le rendement par hectare est supérieur dans le cadre de la canne-énergie, nous conserverons dans un premier temps les mêmes niveaux que ceux utilisés précédemment pour la canne-à-sucre. Concernant les aides, certaines pourraient se maintenir comme par exemple l'aide à la replantation, d'autres pourraient considérablement se réduire telles que l'aide au transport. Pour simplifier, nous ne prendrons en considération aucune aide. Le revenu annuel moyen a été fixé depuis le départ à 3500€/ha/an pour égaliser celui de la canne-à-sucre. Ainsi, il ne reste plus qu'une variable d'ajustement qui est le coût de transport de la canne-fibre. Outre le coût de transport que nous venons d'évoquer, les autres charges demeurent inchangées par rapport à celles de la

canne-à-sucre, l'absence de coût de location est ainsi maintenue et le montant de l'amortissement est identique.

Selon ces hypothèses, et pour arriver à un revenu identique à celui de la canne-à-sucre, le prix d'achat de la canne-fibre a été obtenu à partir l'équation suivante :

$$p = \left(\frac{R+CF+A}{r} \right) + CV \quad (1)$$

avec p le prix d'achat de la canne-fibre par tonne de MF, R le revenu du producteur, r le rendement en tonne par hectare, CF les coûts fixes, CV les coûts variables en fonction du rendement et A l'amortissement.

Cette équation générique peut être appliquée à différents niveaux de rendements.

Pour faciliter la comparaison entre la canne-à-sucre et la canne-fibre, l'hypothèse non réaliste d'un rendement de canne-fibre égal à celui de la canne-à-sucre a été initialement émise. Ainsi, les valeurs numériques suivantes ont été retenues dans un premier temps :

$$-r = 98\text{t/ha}$$

$$-R = 3500\text{€ /ha/an}$$

-CV = 17€/tc soit 10€/tc pour la coupe mécanique, 1€/tc pour la cotisation et 6€/tc pour le transport. Dans la mesure où la canne-énergie devrait être acheminée dans la même zone où elle est cultivée, nous avons retenu ce coût pour le transport qui est le tarif actuellement en vigueur pour les bassins canniers de la zone 1 (0-8 km de distance du centre).

$$-CF = 1100\text{€/ha dont } 900\text{€/ha pour les achats d'intrants et } 200\text{€/ha pour l'entretien}$$

On aboutit à un prix (p) d'achat de la tonne de matières fraîches livrées à l'usine de :

$$P_{98} = 67\text{€/t}$$

Dans l'hypothèse très basse de rendement de la canne-fibre retenu ici de 98t/ha et des distances de transport inférieurs à 8 km, le prix d'achat moyen d'une tonne de canne-énergie livrée à l'unité de production électrique devrait être d'environ 67€/t de MF pour rendre celle-ci aussi attractive que la canne-à-sucre.

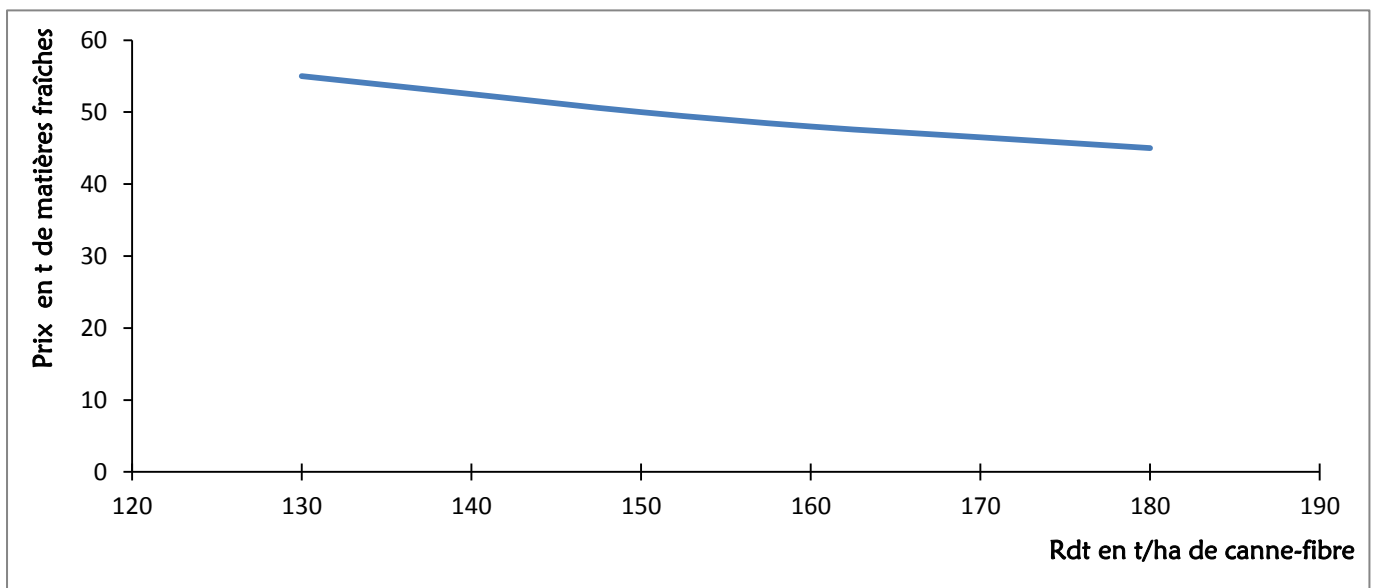
Si l'on prend des hypothèses de rendements correspondant aux objectifs du programme de recherche, c'est-à-dire des rendements compris entre 130 et 180t/ha, les résultats suivants sont obtenus à l'aide de l'équation (1) :

$$P_{130} : 55\text{€/t de MF}$$

$$P_{150} : 50\text{€/t de MF}$$

$$P_{180} : 44\text{€/t de MF}$$

Il en ressort que pour garantir un revenu annuel moyen équivalent à celui de la canne-à-sucre, le prix de la tonne de cane-fibre pourrait varier d'environ 55€/t de MF pour un rendement de 130t/ha à 44€/t de MF pour un rendement de 180t/ha (Graphique 19). Cette plage de prix est plus probable que le prix de 67€/t de MF compte tenu des rendements de la canne-fibre.



Graphique 19 : Prix d'achat potentiel de la canne-fibre garantissant un même niveau de revenu que celui de la canne-à-sucre (3500€/ha/an), en fonction du niveau de rendement compris entre 130 et 180t/ha

Si en première approche un rendement moyen plutôt pessimiste de 130t/ha est retenu comme hypothèse de rendement la plus probable à terme, le prix d'achat de 55€/t de MF peut être utilisé pour évaluer dans le Tableau 18 les conditions permettant d'obtenir la même marge que la canne-à-sucre (Tableau 17). De la même manière que pour la canne-à-sucre, nous allons procéder au détail du calcul du revenu du planteur de canne-énergie, à l'aide de tableaux simplifiés de la moyenne sur 5 ans de cycle de vie de la culture (Tableau 15 et 16).

Tableau 15 : *Produits de la canne-fibre pour un prix d'achat de 55€/t de MF et un Rdt annuel moyen supérieur à celui de la canne-à-sucre, soit 130t/ha*

Coupe	Moyenne sur 5 ans
I/ VENTES DE CANNES	7150
Rdt t/ha avec 35% de matières sèches	130
II/AIDES PUBLIQUES	?
III/ AUTRES PRODUITS	/
TOTAL PRODUITS (I + II + III)	7150

Tableau 16 : *Charges de la canne-fibre pour un coût de transport de 5,77€/tc (0-8 km du centre)*

Coupe	Moyenne sur 5 ans
III/ ACHAT INTRANTS & MATERIEL VEGETAL	882
Engrais d'entretien NPK	650
Herbicides de pré-émergence	20
Herbicides de post-émergence	170
Herbicides de balise	42
IV/ PRESTATION ENTRETIEN	222
Herbicides	111
Engrais	56
Sarclage mécanique	56
V/ FRAIS DE RECOLTE	2262
Coupe mécanique	1382
Transport	750
Cotisation	130
VI/ AUTRES CHARGES (coûts du foncier,...)	/
TOTAL CHARGES (III+IV+V+VI)	3366

4-2. Comparaison du revenu de la canne-à-sucre et de la canne-énergie selon plusieurs scénarios

La comparaison des bilans de la canne-à-sucre (Tableau 17) et de la canne-fibre (Tableau 18) montre que sous les hypothèses et résultats des calculs précédents, les bilans sont identiques. La seule variation notable concerne des coûts de transport légèrement plus faibles liés à la proximité de l'unité de production électrique par rapport à celle du sucre, qui, combiné au rendement annuel moyen de 130t/ha, permet toutes conditions étant égales par ailleurs de réduire sensiblement le prix d'achat de la canne-fibre (55€/t de MF) pour arriver à la même marge à l'hectare que la canne-à-sucre.

Tableau 17 : *Calcul de la marge directe de la canne-à-sucre pour un prix de 69€/ tc et des éléments de coûts des systèmes de production de la Basse-Terre (Guadeloupe)*

Canne-à-sucre	Moyenne
Rdt t/ha	98
Ventes cannes	2 589
Aides publiques	4 197
Autres produits	/
TOTAL PRODUITS	6 786
Achats	882
Entretien	222
Récolte (<i>transport > 16km</i>)	1 906
Autres charges	/
TOTAL CHARGES	3 010
Marge brute	3 775
Amortissement	288
Marge directe arrondie	3 500

Tableau 18 : *Ajustement de la marge directe de la canne-fibre pour arriver à une marge directe égale à celle de la canne-à-sucre (3500€) avec une hypothèse de rendements de 130t/ha et la réduction des distances (0-8 km) et donc des coûts de transport*

Canne-fibre	Moyenne
Rdt t/ha	130
Ventes cannes (à 55€/t)	7150
Aides publiques	?
Autres produits	/
TOTAL PRODUITS	7150
Achats	882
Entretien	222
Récolte (transport 0-8 km)	2262
Autres charges	/
TOTAL CHARGES	3366
Marge brute	3784
Amortissement	288
Marge directe arrondie	3 500

Initialement, le calcul du prix d'achat de la canne-fibre a été déterminé selon une hypothèse d'égalité de rendement (section 2.1). Cependant, comme nous l'avons déjà mentionné, il est prévu que ces rendements soient nettement supérieurs à ceux de la canne-à-sucre, c'est la raison pour laquelle nous avons ensuite calculé le prix d'achat en fonction de différents niveaux de rendement. Ici, pour observer l'amplitude de la variation du revenu de l'agriculteur, nous avons retenus de façon arbitraire six niveaux de rendements compris entre 130 et 180t/ha. Afin de tester la sensibilité des revenus de la canne-fibre et sans rajouter les aides, dont on ne connaît pour le moment ni la nature, ni le montant, ces hypothèses de rendement vont être étudiées plus en détails.

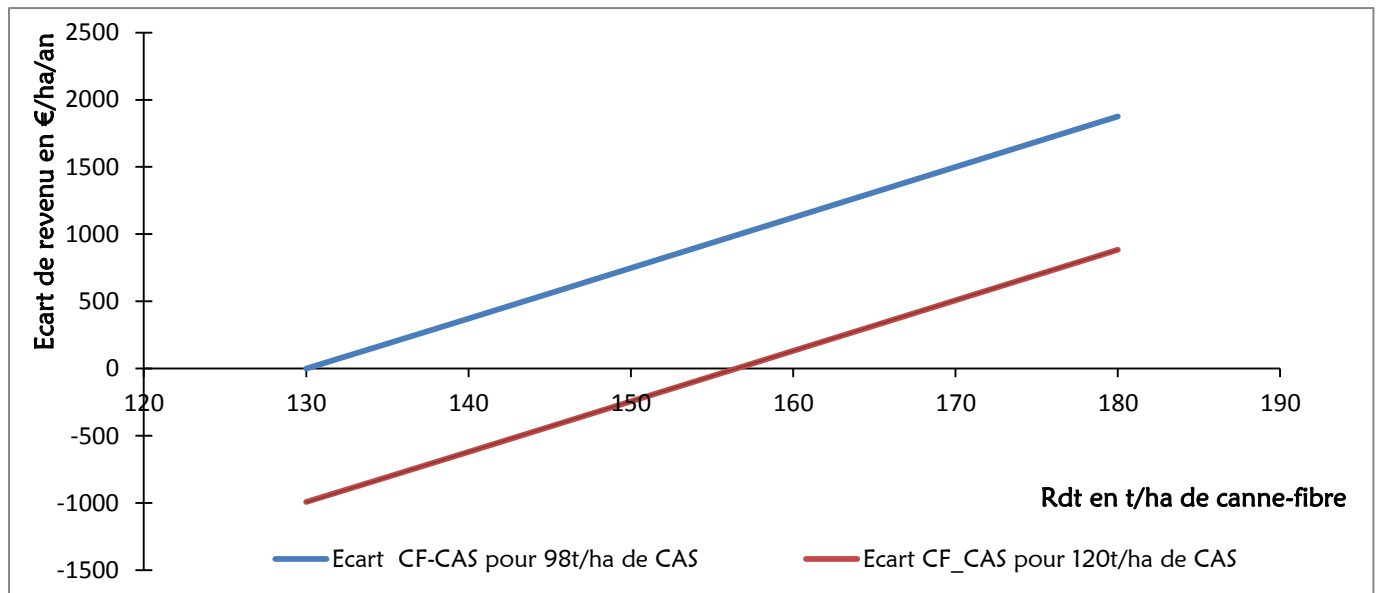
Avec le même prix calculé de 55€/t de canne-fibre pour obtenir un revenu égal à celui de la canne-à-sucre avec un rendement de 98t/ha, les revenus annuels moyens en fonction d'hypothèses de rendements sont donnés par le Tableau 19.

Tableau 19 : Marges directes de la canne-fibre pour un prix de 55€/t de MF en fonction des rendements, comparées à la marge directe de la canne-à-sucre pour un rendement de 98t/ha

Canne-fibre							Moyenne CAS
Rdt t/ha	130	140	150	160	170	180	98
Ventes cannes	7150	7700	8250	8800	9350	9900	2589
Aides publiques	?	?	?	?	?	?	4197
Autres produits	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL PRODUITS	7150	7700	8250	8800	9350	9900	6786
Achats	882	882	882	882	882	882	882
Entretien	222	222	222	222	222	222	222
Récolte	2262	2436	2610	2784	2958	3132	1906
Autres charges	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL CHARGES	3366	3540	3714	3888	4062	4236	3010
Marge brute	3784	4160	4536	4912	5288	5664	3775
Amortissement	288	288	288	288	288	288	288
Marge directe arrondie	3500	3900	4300	4600	5000	5400	3500

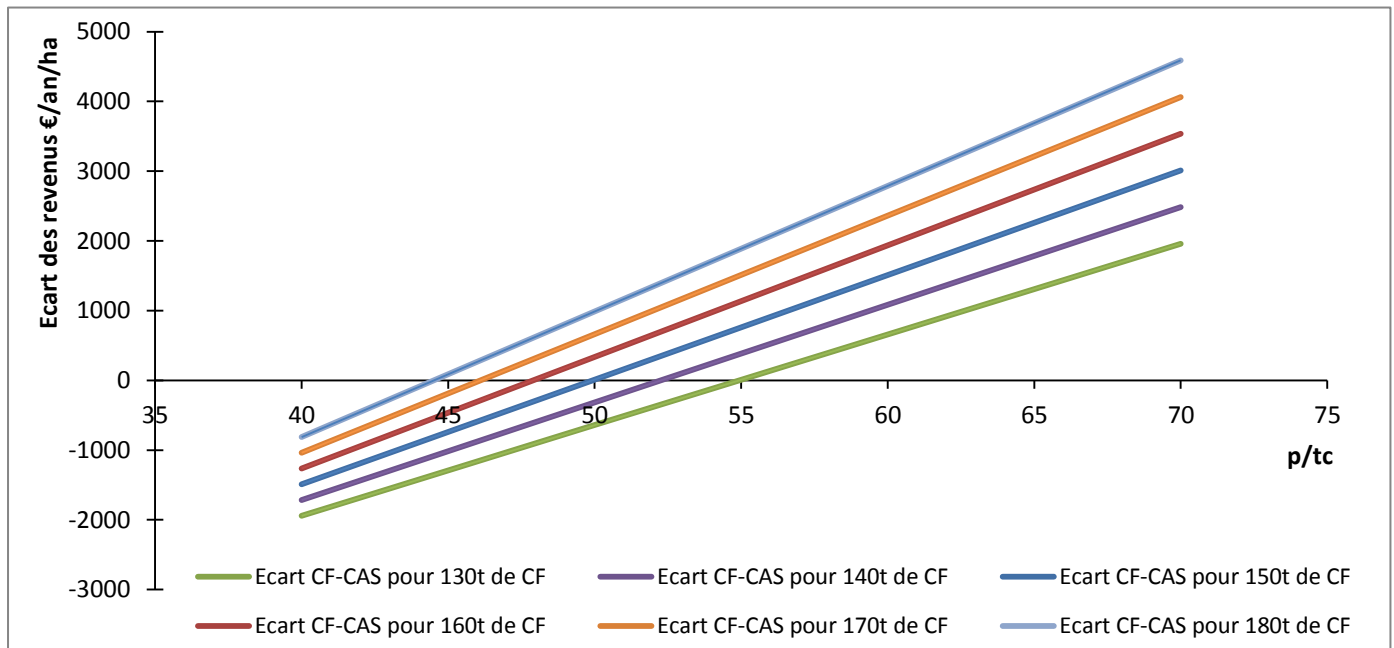
Les revenus annuels moyens de la canne-fibre varient de 3500€ à 5400€/ha/an pour des rendements allant de 130 à 180t /ha. Excepté l'hypothèse de 130t/ha qui représente l'égalité parfaite avec le revenu de la canne-à-sucre, les revenus annuels moyens de la canne-fibre sont bien évidemment tous supérieurs à celui de la canne-à-sucre pour les autres niveaux de rendements. Le Graphique 20 présente les résultats du Tableau 19 de façon plus synthétique et générique afin de souligner les écarts de revenu qui existent entre la canne-fibre et la canne-à-sucre. Nous pouvons observer que l'écart entre ces deux revenus est d'autant plus grand que les rendements en t/ha sont élevés (courbe bleue). L'augmentation du niveau des rendements contribue donc pleinement à combler l'écart de prix qui existe entre la canne-fibre (55€/t de MF) et la canne-à-sucre (69€/tc). En revanche, lorsque les rendements de la canne-à-sucre augmentent à leur tour, à 120t/ha dans notre exemple (que nous considérons comme le meilleur niveau de rendement annuel moyen de la canne-à-sucre), l'écart de revenu se réduit sensiblement (courbe rouge). A nouveau, ce constat met en avant l'importance du niveau de rendement de la canne-fibre car dès que les rendements de la canne-à-sucre dépassent le

niveau de 98t/ha fixé initialement, les revenus de la canne-à-sucre sont supérieurs à ceux de la canne-fibre et ce, jusqu'à ce que le niveau de rendement de la canne-fibre soit suffisamment élevé pour combler l'écart de revenus entre les deux. Avec toutes les hypothèses retenues, dans notre cas, il faudrait faire en sorte que les rendements moyens de la canne-fibre soient toujours supérieurs ou égaux à environ 155t/ha pour que les revenus de la canne-fibre soient toujours supérieurs ou égaux à ceux de la canne-à-sucre.



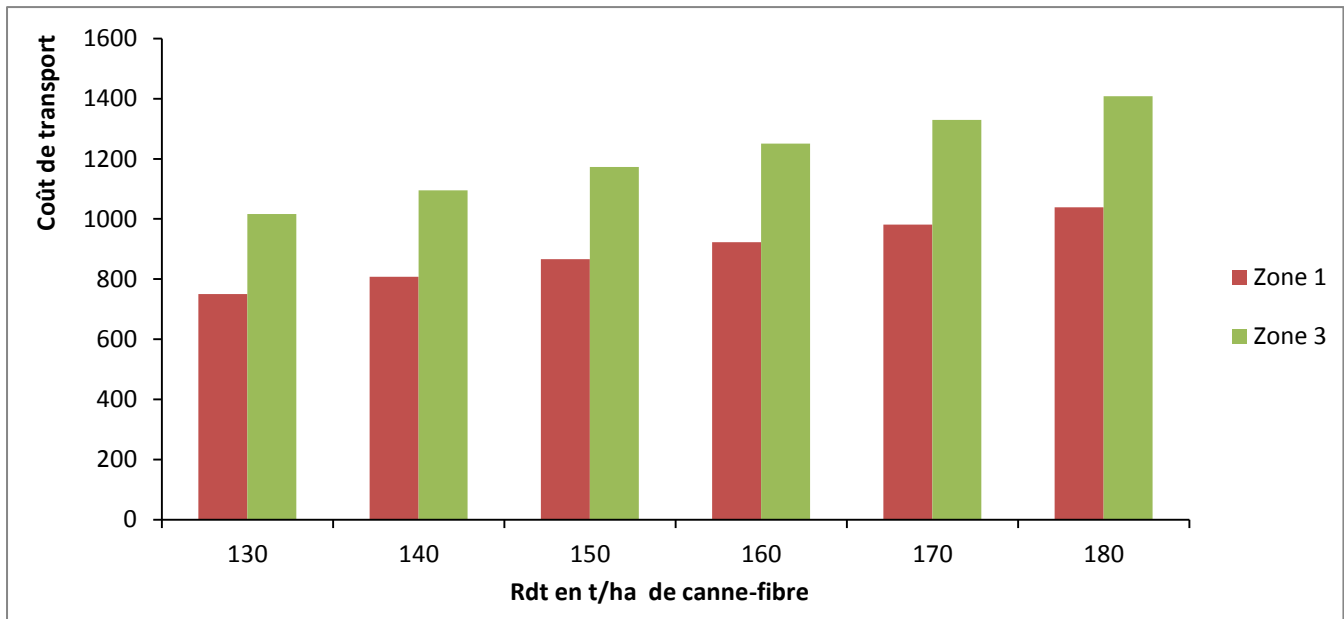
Graphique 20 : *Ecart de revenus entre la canne-fibre et la canne-à-sucre avec deux niveaux de rendements (98t/ha et 120t/ha) et un prix fixe de 69€/tc pour la canne-à-sucre et un prix fixe de 55€/t et des rendements variables pour la canne-fibre*

Le graphique 21 met en relation l'écart de revenu et le prix de la canne-fibre par tonne pour différents niveaux de rendements allant de 130t/ha à 180t/ha. Pour un rendement de 150t/ha (courbe bleu foncé), nous observons que pour égaler le revenu annuel moyen de la canne-à-sucre de 3500€/ha, le producteur de canne-fibre devrait percevoir un revenu de 50€/t de MF pour un rendement égal à celui de la canne-à-sucre. En dessous de ce prix, il serait plus intéressant pour l'agriculteur de cultiver de la canne-à-sucre et au-dessus c'est la canne-fibre qui deviendrait plus intéressante. Ce raisonnement appliqué à d'autres niveaux de rendements permet de confirmer la variation de prix énoncé lors du Graphique 19, de l'ordre de 55€/t de MF pour 130t/ha à 44€/t de MF pour 180t/ha.



Graphique 21 : Rentabilité de la canne-fibre par rapport à la canne-à-sucre en fonction du prix à la tonne et de différents niveaux de rendements pour la canne-fibre et d'un prix de 69€/tc et de 98t/ha pour la canne-à-sucre

Le prix à payer pour la canne-fibre dépendra également des distances à parcourir entre les bassins canniers et l'unité de production électrique. Cependant, ce facteur de variation est moins important que dans le cas des rendements. En effet, selon les tarifs en vigueur en 2010, la différence de coût de transport unitaire ne serait pas trop élevée. Pour des bassins canniers situés en zone 1 (0 à 8 Km du centre de livraison le plus proche de la parcelle à vol d'oiseau) le coût de transport est de 5,77€/tc tandis que pour les bassins en zone 3 (la plus éloignée) (supérieur à 16 Km du centre de livraison à vol d'oiseau et zone de la Ramé) le coût est de 7,82€/tc. Pour un rendement de 130t/ha, le prix pourrait donc varier d'environ 55€ à 57€/t de MF selon la réglementation en vigueur. Ce sont davantage les rendements qui font augmenter le coût de transport (Graphique 22) mais cette augmentation (38%) est tout de suite compensé au niveau des revenus (38%) (Tableau 20). L'augmentation du prix d'achat par rapport au coût de transport serait donc toujours au maximum de 2€/tc selon les tarifs pratiqués en 2010.



Graphique 22 : Ecart de coût de transport entre la zone 1 et la zone 3 en fonction du niveau de rendement de la canne-fibre compris entre 130 et 180t/ha de MF

Tableau 20 : Variation des charges dont le coût de transport en fonction du rendement et un prix de la canne-fibre fixé à 55€/t de MF

Rdt t/ha MF	130	140	150	160	170	180	Tx Var
Produits	7150	7700	8250	8800	9350	9900	38%
Charges :	3366	3540	3714	3888	4062	4236	26%
<i>dont transport</i>	750	808	866	923	981	1039	38%

On rappelle que dans les hypothèses de calcul (Tableau 17-19 ; Graphique 20/21), nous n'avons retenu aucune subvention pour la canne-fibre alors même que les subventions constituent une part importante (en moyenne 62% (Tableau 17)) du revenu du producteur de canne-à-sucre. De même, le coût de location du foncier n'a pas été intégré dans les charges. Les résultats précédents sont donc représentatifs des calculs effectués dans ces conditions.

Cette partie avait pour objectif de souligner les principales caractéristiques de la canne-fibre qui permettent de la différencier de la canne-à-sucre. En ce sens, nous avons d'abord traité les spécificités de chacune de ces deux cultures en matière énergétique. Dans la mesure où la canne-à-sucre est utilisée essentiellement à des fins alimentaires (sucre, rhum,...), ce sont

ses résidus qui contribuent à la production énergétique (chaleur, électricité). En revanche, la canne-fibre n'est utilisée qu'à des fins énergétiques ce qui signifie que la totalité (tiges, feuilles vertes, feuilles sèches,...) entre dans le processus de production. Cette différenciation implique une autre au niveau de la composition chimique des deux cultures. Lorsque le paramètre déterminant de la canne-à-sucre est sa richesse saccharine, le taux d'humidité (ou de matières sèches), le taux de fibre et le PCI sont des paramètres bien plus déterminants pour la canne-fibre.

Les deux dernières sections de cette partie ont été l'occasion pour nous d'aborder un des éléments clés pour la mise en place de la nouvelle filière, à savoir le prix d'achat de la canne-fibre nécessaire pour égaler le revenu annuel moyen généré par la canne-à-sucre. En effet, si filière canne-énergie ne propose pas un revenu au moins équivalent à celui de la filière canne existante, les agriculteurs n'accepteraient sûrement pas cette dernière. Dans la mesure où le revenu annuel moyen de la canne-à-sucre est de 3500€/ha, il faudrait que le revenu de la filière canne-énergie soit comparable. D'après l'égalité de revenus et les hypothèses de rendements de 98t/ha pour la canne-à-sucre et de 130t/ha pour la canne-fibre et de réduction des coûts de transport pour la canne-fibre, il faudrait qu'elle soit payée 55€/t de MF. Ce prix est nettement inférieur à celui de la canne-à-sucre qui est de 69€/tc et il pourrait l'être encore davantage. En effet, avec des rendements annuels moyens de 180t/ha, le prix d'achat de la canne-fibre pourrait diminuer jusqu'à 44€/t de MF.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette première étude nous pouvons tenter de dresser un premier bilan des connaissances acquises sur le développement d'une biomasse cultivée spécifiquement à des fins énergétiques en vue d'une installation future de production d'électricité à partir de cette biomasse dans le sud de la Basse-Terre. La biomasse dont il est question, la canne-énergie, est au centre du programme Cann'élec qui est actuellement en phase de recherche.

Nous avons débuté ce Mémoire par la présentation de nombreuses conditions d'ordre sociales, environnementales, énergétiques et économiques qui ont favorisées l'émergence d'un projet de recherche Cann'élec en 2008. Ainsi, nous avons pu constater que dans le contexte actuel, cette nouvelle production agricole pourrait être bénéfique sous plusieurs angles. Sur le plan environnemental, il permettrait de résoudre certains problèmes liés à l'utilisation de la chlordécone d'une part et à l'utilisation des énergies fossiles d'autre part. Au niveau énergétique, il permettrait de faire face à l'augmentation de la consommation électrique prévue pour 2020 alors que du point de vue économique il constituerait une alternative intéressante aux agriculteurs actuellement trop éloignés de la sucrerie de Gardel. Cependant l'émergence de la filière canne-énergie s'accompagne de conditions qu'il faudrait respecter, en particulier la disponibilité suffisantes en terrains agricoles dans la zone sud Basse-Terre et un intérêt suffisant de la part de l'agriculteur, notamment (mais pas exclusivement) au niveau du de l'attractivité économique.

Ces deux paramètres sont étroitement liés entre eux et ils dépendent également d'un facteur commun : l'agriculteur. En effet, le niveau de revenu généré par la filière est un facteur d'intérêt incontournable pour tout individu rationnel tel que l'agriculteur. Si les revenus sont suffisamment intéressants pour ce dernier, il s'orientera vers la nouvelle filière ce qui signifie qu'il mettra ses parcelles à disposition de cette dernière. En revanche, dans le cas contraire, le développement d'une telle filière serait inconcevable. Au cours de ce Mémoire nous nous sommes donc focalisés sur ces deux principales conditions liées au programme Cann'élec. Nos estimations tirées de plusieurs sources montrent que dans la zone sud Basse-Terre (communes de Goyave, Capesterre-Belle-Eau, Trois-Rivières, Vieux-Fort, Gourbeyre, Basse-Terre, Baillif, Saint-Claude et Vieux-Habitants) les surfaces actuelles en canne-à-sucre (hors canne à rhum) sont de l'ordre de 200 ha. Il existe des surfaces en jachère d'environ 900 ha qui sont pour la plupart intégrées en rotation dans des systèmes de production basés sur la banane. Même en ayant l'accord de la plupart des agriculteurs canniers et bananiers il se pourrait que les surfaces disponibles pour la production de canne énergie n'atteignent pas les 1100ha nécessaires à l'implantation d'une unité de production électrique de 10MW tel que

défini par le programme. Par conséquent, dans le contexte des analyses de notre étude, il faudrait peut-être s'orienter vers l'implantation d'une unité de production électrique d'une puissance moindre qui optimiserait, au moins dans un premier temps, les productions de canne énergie. Concernant le niveau de revenu à générer pour que la filière soit attrayante pour l'agriculteur, nous avons effectué une première approche au cours de ce Mémoire en se basant sur le niveau de revenu généré par la filière canne-à-sucre dans la zone sud Basse-Terre. Il en ressort que pour être aussi attrayante que la canne-à-sucre (environ 3500€/ha/an dans nos hypothèses de calcul (en particulier : 98 t/ha et pas de coût de foncier), il faudrait que le prix d'achat de la canne-fibre soit compris entre 55€ et 44€/t de Matières Fraîches pour des rendements annuels moyens compris entre 130t/ha et 180t/ha de biomasse totale. Il est à noter que ces niveaux de prix calculés sont très nettement inférieurs à ceux de la canne-à-sucre (69€/tc), Ceci est dû à un niveau espéré de rendement de la canne fibre supérieur à celui de la canne à sucre, avec des augmentations de coûts de production moins que proportionnels.

Les premiers résultats obtenus au cours de cette étude constituent une base, un préliminaire indispensable à l'enrichissement des connaissances actuelles, plutôt limitées, sur le développement d'une filière canne-énergie. Il est donc prévu que ces travaux soient approfondis à court terme suivant différents axes :

- élargissement de la quantification des surfaces agricoles actuelles en intégrant la commune de Petit-Bourg. Dans la mesure où cette commune est proche de la zone sud Basse-Terre, il serait intéressant de voir les possibilités supplémentaires qu'elle offrirait en termes de surfaces potentiellement disponibles pour le développement de la canne-énergie.

- prolongement de l'approche agriculteur en calculant un prix d'achat de la canne-fibre en partant du niveau de revenu généré par un hectare de banane. Si la canne-à-sucre est une des principales cultures de la zone sud Basse-Terre, la banane demeure la principale culture de cette zone. Il serait donc intéressant de savoir à quel niveau de prix d'achat de la canne-fibre le revenu généré par la filière deviendrait comparable à celui de la filière banane.

- adoption d'une approche plus industrielle en calculant un prix d'achat de la canne-fibre partant du prix actuel du kWh en Guadeloupe. Ceci permettrait une comparaison des différents prix d'achat obtenus à l'aide des deux approches (producteur et industrielle) et, in fine, de déterminer le prix d'achat de la canne-fibre pour rendre toute la filière attractive.

A moyen terme, des travaux et outils plus sophistiqués devraient être entrepris pour les consolider et élargir la connaissance de la filière et de son intérêt économique. Ces travaux ultérieurs devraient intégrer de la modélisation afin, en particulier, de bâtir des scénarios

intégrant les variations futures des paramètres économiques, agricoles et industriels et leur impact sur la rentabilité et l'attractivité de la filière canne-énergie

Ils pourraient aussi faire des comparaisons du prix du kWh issu de la canne-énergie par rapport aux prix du kWh issus des autres énergies renouvelables (biomasse de bagasse, éolien, géothermie, solaire, ...) afin de préciser la compétitivité de l'électricité produite à partir de la canne-fibre.

BIBLIOGRAPHIE

Articles scientifiques:

ALEXANDER A.G., *The energy cane alternative to sugar planting*, Institute of Gas Technology ETATS-UNIS, 1983, 22 pages

ALEXANDER A.G., SAMUELS G., RIOS C., GARCIA M., *The Production of Energy Cane in Puerto Rico: The Hatillo Project*, American society of sugar cane technologists, 1984, 4 pages

ALSIF A.S., *Le Brésil et les biocarburants, l'internationalisation d'un enjeu énergétique par le Sud*, Independencias – Dependencias – Interdependencias VI Congreso CEISAL, 2010, 18 pages

AZANHA FERRAZ DIAS DE MORAES M., *Reflections on Brazil's ethanol industry, reflections on Brazil's ethanol industry*, 21 pages

BASILEU G., MERAULT S. CARIF-OREF Guadeloupe, *L'agriculture en Guadeloupe : Etat des lieux*, 1999, 208 pages

BHURTUN C., JAHMEERBACUS I., COONJUL R., *The potential of sugar cane bagasse as a renewable source of energy*, Industrial and Commercial Use of Energy Conference, 2004, 4 pages

CARIF-OREF Guadeloupe, *Les analyses sectorielles en Guadeloupe, Concepts, méthodologie et principaux résultats*, 2009, 9 pages

DELAQUIL P., *Progress Developing a Sugar Cane Cogeneration Industry*, Newsletter of the International Cane Energy Network, 2000, 12 pages

DEEPCHAND K., *Bagasse-based cogeneration in Mauritius – A model for eastern and southern Africa*, 2001, 38 pages

GOTTFRIED R., *Can energy cane stem the tide? , Social and economic studies*, Volume 36, No.3, 1987, 13 pages

GONSALVES J.B., *An Assessment of the Biofuels Industry in India*, United Nations Conference on Trade and Development, 2006, 42 pages

KERMARREC A. et al., *Niveau actuel de la contamination des chaînes biologiques en Guadeloupe : pesticides et métaux lourds*, 1980, Rapport collectif coordonné par INRA – Centre Antilles-Guyane auprès du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 155 pages

KIM M., DAY D.F., *Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills*, 2010, 5 pages

LEJARS C., POUZET D., *Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe*, 2008 :

-Partie I : Situation initiale, 64 pages

-Partie II : Programme de recherche, 31 pages

-Partie III : Etude de faisabilité technique pour la construction d'un pilote industriel, 63 pages

MORAND A., *Bagasse cogeneration – Global review and potential*, 2004, 56 pages

MULTIGNER L., NDONG J.R. , GIUSTI A., ROMANA M., DELACROIX-MAILLARD H., CORDIER S., JEGOU B., THOME J.P. et BLANCHET P., *Chlordécone, exposure and risk of prostate cancer*, *Journal of Clinical Oncology*, 2010, 8 pages

NGUYEN T.L.T., GHEEWALA S.H., *Life cycle assessment of fuel ethanol from cane molasses in Thailand*, 2008, 11 pages

PHANEUF E., *US, Brazil Ethanol Industry Comparison - The Economics, History, & Politics Behind it All*, 20 pages

SNEGAROFF J., *Les résidus d'insecticides organochlorés dans les sols et les rivières de la région bananière de la Guadeloupe*, *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 26, 251-268, 1977, 18 pages

WATSON M., CORCODEL L., DUFOSSSEL., PETIT T., *Caractéristiques chimiques et technologiques des vinasses de distilleries traitées par Aspergillus niger*, 5 pages

Autres documents :

ADEME, REGION GUADELOUPE, *Les exemples à suivre, La distillerie Bologne en Guadeloupe : modernité et technologie verte* BOC Y., Chambre Agriculture, *Bilan de la récolte sucrière 2008, 2009, 2010*

AGRESTE Primeur, No. 256, Février 2011, *La canne à sucre en Guadeloupe, en Martinique et à La Réunion*, 4 pages

BIRD & BIRD, EXPLICIT, CTSB, HUGLO LEPAGE ASSOCIES CONSEIL, REGION GUADELOUPE, *Valorisation énergétique de la biomasse en Guadeloupe, État des lieux et perspectives*, 2010, 60 pages

CARIF-OREF Guadeloupe, *Analyse régionale des grandes orientations du schéma des formations*, 2003, 19 pages

CHAMBRE AGRICULTURE, *Référentiel technico-économique, Département Guadeloupe*, 2007, 76 pages

CTICS Guadeloupe, Evolution production « canne et sucre 1960/2005, Rapport de campagne 2005

DAAF, AGRESTE, *Memento agricole Guadeloupe, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009*

EXPLICIT, AXENNE, REGION GUADELOUPE, *Plan énergétique régional pluriannuel de prospection et d'exploitation des énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie de la Guadeloupe*, 2008, 139 pages

FranceAgriMer, *Synthèse trimestrielle du marché du sucre*, 2010, 8 pages

GODBOLE J., *Ethanol from cane molasses*, 2002, 40 pages

Grille tarifaire des prestations de récolte (Campagne 2010)

Overview of ethanol production in Jamaica, 4 pages

SICAGRA, *Marge brute prévisionnelle de la Canne-à-sucre pour un cycle de culture de 6 ans*, 2010

SUCRIVOIRE, *Economies d'énergie : utilisation de la bagasse dans l'industrie sucrière*